

Bogotá D.C. | Anual | Editorial Dimar



Expedición Científica de Colombia a la Antártica

INFORME DE CRUCERO

Verano austral 2023 - 2024

No. 10



Expedición Científica de Colombia a la Antártica

I N F O R M E D E C R U C E R O

Verano austral 2023 - 2024
X Expedición "Bicentenario Naval"

No. 10

EXPEDICIÓN CIENTÍFICA DE COLOMBIA A LA ANTÁRTICA – INFORME DE CRUCERO
X EXPEDICIÓN “BICENTENARIO NAVAL”
VERANO AUSTRAL 2023-2024

Una publicación digital de la
Dirección General Marítima (Dimar)
Teléfono: +57 (601) 220 0490
Bogotá, D. C., Colombia
www.dimar.mil.co

Ministerio de Defensa Nacional
Dirección General Marítima
Centro de Investigaciones Oceanográficas e
Hidrográficas del Pacífico (CCCCP)

DIRECCIÓN DEL PROYECTO
Vicealmirante John Fabio Giraldo Gallo
Director General Marítima

COORDINACIÓN GENERAL
Capitán de Navío Germán Augusto Escobar Olaya
Coordinador general Dimar

Capitán de Navío Mario Alex Cabezas
Hinestroza
Subdirector de Desarrollo Marítimo

Capitán de Corbeta Jonathan Fabrizio
Gómez Sierra
Coordinador Grupo de Investigación Científica

Diana María Quintana Saavedra Ph.D.
Coordinador del proyecto Iceman

CONTENIDOS

Capitán de Navío Alexis Grattz Bonilla
**Jefe de crucero - X Expedición Científica
de Colombia a la Antártica Verano Austral
2023-2024 “Bicentenario Naval”**

COORDINACIÓN EDITORIAL
Angélica María Castrillón Gálvez
Editora de publicaciones-Dimar

Laura Rubio Tamayo
Asistente editorial

CONCEPTO GRÁFICO Y DISEÑO
Melissa Díaz Quintero
Diseñadora visual-Dimar

EDITORIAL DIMAR
CARÁTULA
ARC “Simón Bolívar” navegando en aguas
antárticas.

ISSN (EN LÍNEA) XXX-XXX-XXXXXX



*Informe de crucero de investigación científica
marina de Colombia a la Antártica
se encuentran bajo una licencia Creative
Commons Reconocimiento-NoComercial-
CompartirIgual 4.0 Internacional*

CITAR COMO:

Dirección General Marítima. (2024). *Expedición Científica de Colombia a la Antártica – Informe de
Crucero. X Expedición “Bicentenario Naval”. Verano austral 2023-2024. N°.10. ISSN en línea
XXXXXXX. DOI: <https://doi.org/10.26640/cecoldo.general.00003>*

La **EXPEDICIÓN CIENTÍFICA DE COLOMBIA A LA ANTÁRTICA – INFORME DE CRUCERO** es una publicación de la
Dirección General Marítima (Dimar), de carácter técnico e informativo, dirigida a la comunidad científica
y académica, en idioma español y en formato electrónico, **con una periodicidad anual**. La información y
conceptos expresados en esta publicación deben ser utilizados por los interesados bajo su
responsabilidad y criterio. Sin embargo, se entiende que cualquier divergencia con lo publicado es de
interés de la Dimar, por lo que se agradece el envío de sus correspondientes sugerencias al correo
electrónico jefantartica@dimar.mil.co. Este producto intelectual cuenta con el ISSN **XXX-XXX-XXXXXX**
edición en línea, y cuenta con una política de acceso abierto (OA) para su consulta. Sus condiciones de
reconocimiento, uso y distribución están definidas por el licenciamiento *Creative Commons* (CC), que
expresa de antemano los derechos definidos por la Dimar.



RESUMEN

En el marco de la celebración del Bicentenario Naval, la Armada de Colombia (ARC) y la Dirección General Marítima (Dimar) dispusieron los medios necesarios para la realización de la X Expedición científica de Colombia a la Antártica durante el verano austral 2023-2024 “Bicentenario Naval”, a bordo del ARC “Simón Bolívar”; buque de investigación científica marina construido en Colombia, en el astillero de la Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval Marítima y Fluvial (Cotecmar), como contribución para el desarrollo de proyectos seleccionados en el marco del Programa Antártico Colombiano (PAC).

El crucero tuvo lugar entre el 28 de noviembre de 2023 y el 22 de marzo de 2024, zarpando desde la Base Naval Logística ARC “Simón Bolívar”, en Cartagena de Indias, donde atracó después 115 días de navegación. A bordo se desarrollaron doce (12) proyectos de investigación de diversas disciplinas por parte de instituciones de nivel nacional y centros universitarios, de los cuales nueve (09) eran nacionales y tres (03) internacionales; disponiendo para la toma de datos todos los equipos y capacidades disponibles, con equipos y sensores de investigación científica, y el empleo de métodos de recolección tradicional como entrevistas, al igual que el procesamiento posterior de muestras obtenidas y resguardadas a bordo en los laboratorios de la embarcación.

Para los proyectos de índole oceanográfico se proyectó la recolección de datos en la columna de agua en 24 estaciones antárticas y nueve (09) estaciones en aguas colombianas e internacionales, obteniendo información en oceanografía física, química, biológica y microbiológica, entre los 0 m y los 1500 m de profundidad, con el empleo de la roseta oceanográfica y perfiladores CTD-O. Así mismo, en las estaciones antárticas se recolectaron muestras superficiales con arrastre de malla. En el estrecho de Gerlache se realizaron estudios en hidrografía con tecnología multihaz, haciendo uso de los sensores instalados en la embarcación, y durante todo el crucero se midieron niveles de dióxido de carbono en el aire, con el empleo sensores especializados ubicados en las salidas de escape de gases de la maquinaria principal.

Con los resultados de los proyectos se busca entregar a la población, especialmente a la comunidad científica y marítima, aportes para la comprensión de fenómenos naturales que afectan de manera significativa a toda la comunidad nacional y mundial, en temas como el cambio climático, la calidad de aguas marinas, la contaminación por microplásticos, y la caracterización del hábitat de especies biológicas marinas y fuentes de contaminación que afectan de manera directa o indirecta a regiones de interés como la Cuenca Pacífica Colombiana y, en general, el resto del país.

PALABRAS CLAVE

X Expedición “Bicentenario Naval”, Antártica, Armada de Colombia, Dimar, oceanografía polar, hidrografía, meteorología en la Antártica, oceanografía, estrecho de Gerlache, columna de agua, microplásticos.

CONTENIDO

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABLAS

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

1 INTRODUCCIÓN	11
1.1 Antecedentes	12
1.2 Objetivo general	14
2 PERSONAL PARTICIPANTE	14
3 ÁREA DE MUESTREO	19
3.1 Estaciones de muestreo	23
4 DESCRIPCIÓN	¡Error! Marcador no definido.
5 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN	51
5.1 Caracterización de las variables oceanográficas del Pacífico Sudeste y su relación con el estrecho de Gerlache durante el verano austral 2023-2024	51
5.1.1 <i>Objetivos</i>	52
5.1.2 <i>Metodología y recolección de información</i>	52
5.2 Determinación del aporte de la presión atmosférica sobre las variaciones de nivel del mar en la Antártica	53
5.2.1 <i>Objetivos</i>	54
5.2.2 <i>Metodología y recolección de información</i>	54
5.3 Levantamiento hidrográfico con tecnología multihaz en el estrecho de Gerlache	57
5.3.1 <i>Objetivos</i>	57

5.4 Evaluación de gases de efecto invernadero y contaminantes climáticos, y construcción de modelos de hoja de ruta en innovación y tecnología para el cumplimiento de políticas internacionales en transporte marino	59
5.4.1 <i>Objetivos</i>	60
5.4.2 <i>Metodología y recolección de información</i>	60
5.5 Modelización de ecosistemas antárticos usando IBM y técnicas de machine learning	61
5.5.1 <i>Objetivos</i>	61
5.5.2 <i>Metodología y recolección de información</i>	62
5.6. Abundancia y caracterización fisicoquímica de los microplásticos presentes en las aguas superficiales del estrecho de Gerlache durante el verano austral 2023-2024	63
5.6.1 <i>Objetivos</i>	64
5.6.2 <i>Metodología y recolección de información</i>	65
5.7 Evaluación de patrones de ocurrencia de mamíferos marinos y niveles de sonido ambiental oceánico	66
5.7.1 <i>Objetivos</i>	66
5.7.2 <i>Metodología y recolección de información</i>	67
5.8 Estudio de Riesgos asociado a operaciones marítimas en territorio antártico	67
5.8.1 <i>Objetivos</i>	68
5.8.2 <i>Metodología y recolección de información</i>	68
5.9 Programa de Investigación en Mamíferos Marinos Antárticos (Pimma)	69
5.9.1 <i>Objetivos</i>	70
5.9.2 <i>Metodología y recolección de información</i>	70
5.10 Medición e identificación de fuentes de hidrocarburos poliaromáticos en las islas Shetland del Sur	72
5.10.1 <i>Objetivos</i>	72
5.10.2 <i>Metodología y recolección de información</i>	72
5.11 Observación de mamíferos marinos antárticos	74
5.11.1 <i>Objetivos</i>	75
5.11.2 <i>Metodología y recolección de información</i>	75

5.12 Influencia de forzamientos de bajas y altas latitudes en el agua circumpolar profunda (CDW) y su efecto tanto en el ambiente antártico como tropical	76
5.12.1 <i>Objetivos</i>	77
5.12.2 <i>Metodología y recolección de información</i>	77
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
BIBLIOGRAFÍA	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Logo oficial de la Expedición científica de Colombia a la Antártica, X Expedición "Bicentenario Naval", verano austral 2023-2024.	13
Figura 2. Fotografía oficial de la Expedición científica de Colombia a la Antártica, X Expedición "Bicentenario Naval", verano austral 2023-2024.....	17
Figura 3. Estaciones realizadas en desplazamiento hacia la Antártica.....	20
Figura 4. Estaciones de muestreo ubicadas en territorio antártico.	21
Figura 5. Estrecho de Bransfield, península Antártica.	22
Figura 6. Estrecho de Gerlache, península Antártica.	22
Figura 7. Roseta oceanográfica y perfilador CTDO 25 plus.	52
Figura 8. Estación meteorológica de fácil despliegue para condiciones antárticas.....	55
Figura 9. Sensor de nivel del mar RBR, instalado en punta Orión, sector de la Base Pedro Vicente Maldonado – Antártica.	56
Figura 10. Levantamiento topométrico de RBR, utilizando un GPS Trimble R10.	56
Figura 11. Visualización levantamiento con ecosonda multihaz.	59
Figura 12. Recolección de información desde la salida de gases maquinaria principal del buque ARC "Simón Bolívar".....	61
Figura 13. Análisis de muestras tomadas en campo.	63
Figura 14. Recolección de muestras, flujómetro acoplado y arrastre superficial con red manta.	65
Figura 15. Almacenaje de muestra, adición de formol en recipiente.....	65
Figura 16. Instalación de hidrófono en la Antártica.....	67
Figura 17. Toma de datos en territorio antártico.....	68
Figura 18. Recolección de muestras en mamíferos marinos.	71
Figura 19. Toma de datos en el sitio de muestreo.....	74
Figura 20. Observación de mamíferos marinos.....	76
Figura 21. Recolección de muestras en la columna de agua.	79

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Personal de tripulantes e invitados partícipes de la Expedición científica de Colombia a la Antártica, X Expedición "Bicentenario Naval", verano austral 2023-2024	14
Tabla 2. Personal de investigadores participantes en la Expedición científica de Colombia a la Antártica, X Expedición "Bicentenario Naval", verano austral 2023-2024	17
Tabla 3. Estaciones oceanográficas realizadas durante el tránsito hacia la Antártica.....	23
Tabla 4. Estaciones oceanográficas realizadas en territorio antártico.....	23
Tabla 5. Actividades desarrolladas durante la Expedición Científica de Colombia a la Antártica, X Expedición "Bicentenario naval" verano austral 2023-2024.....	25

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

ABM	Modelo Base Agente (por sus siglas en inglés)
PA	Península Antártica
ARC	Armada de Colombia
BICM	Buque de Investigación Científica Marina
CCCP	Centro de Oceanografía e Hidrografía del Pacífico
CDOM	Materia Orgánica Disuelta Coloreada (por sus siglas en inglés)
CDW	Agua circumpolar profunda (por sus siglas en inglés)
Cicual	Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio
CIOH	Centro de Oceanografía e Hidrografía del Caribe
Cotecmar	Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval Marítima y Fluvial
CTDO	Conductividad, Temperatura, Profundidad
Dimar	Dirección General Marítima
ENAP	Escuela Naval “Almirante Padilla”
ENOS	El Niño Oscilación del Sur
FAC	Fuerza Aérea Colombiana
GEI	Gases Efecto Invernadero
HAP	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
HPLC	Cromatografía líquida de alta eficacia
IBM	Modelo Base Individual (por sus siglas en inglés)
Iceman	Investigación Científica Marina para la Seguridad Marítima en la Antártica
Inach	Instituto Antártico Chileno
Inocar	Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada del Ecuador
Invemar	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras Jose Benito Vives de Andrés
MMO	Observador Mamíferos Marinos (por sus siglas en inglés)
OHI	Organización Hidrográfica Internacional
OMI	Organización Marítima Internacional
PAC	Programa Antártico Colombiano
PAM	Monitoreo Acústico Pasivo (por sus siglas en inglés)
Pimma	Programa de Investigación en Mamíferos Marinos Antárticos
PNRA	Programma Nazionale di Reserche in Antartide
POE	Procedimiento Operativo Estandarizado
PTAR	Plantas de Tratamiento Residual
PWOM	Manual de Operaciones en Aguas Polares (por sus siglas en inglés)
SAM	Modo Anual del Hemisferio Sur (por sus siglas en inglés)
SHN	Servicio Hidrográfico Nacional
TA	Tratado Antártico
UJTL	Universidad Jorge Tadeo Lozano
UKHO	Instituto Hidrográfico del Reino Unido
UTC	Tiempo Universal Coordinado (por sus siglas en inglés)

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El primero de diciembre de 1959 doce naciones, reunidas en Washington, D. C, adoptaron el Tratado Antártico (TA) dedicado al bien común de la humanidad, asegurando el territorio del Continente Blanco como reserva de ciencia y paz para el planeta. La elegancia del tratado estuvo en su simplicidad, integrado por catorce artículos que proveerían la base para la gobernanza de cerca del 10 % de la Tierra solo para propósitos pacíficos. Los asuntos territoriales fueron dejados a un lado y la investigación científica se convirtió en el criterio más importante entre las naciones para tomar decisiones por consentimiento de todas las partes.

En 1989, mediante la Ley 67 de 1988, Colombia presentó el instrumento de adhesión al TA, reconociendo la importancia del Continente Blanco en la sostenibilidad de la vida humana por medio de la preservación de los recursos hídricos y biológicos que se encuentran en este lugar. De igual forma, en 1991, el país firma el Protocolo de Madrid, en el cual se formaliza un régimen integral para proteger el medio ambiente antártico y sus ecosistemas dependientes.

En el año 2014 se formaliza el Programa Antártico Colombiano (PAC) como proyecto de Estado, que coordina las actividades científicas y complementarias del país en el continente antártico, entre las que se incluye la promoción de las ciencias antárticas, la protección y conservación ecosistémica, el intercambio y la transferencia de información, conocimiento técnico y de las capacidades científicas.

En este mismo año se lleva a cabo la I Expedición científica de Colombia a la Antártica, “Expedición Caldas”, durante el verano antártico 2014-2015, a bordo del buque de la Armada Nacional ARC “20 de Julio”. Esta expedición contó con la participación de 57 tripulantes del buque, trece (13) personas de apoyo, tres (03) asesores internacionales de la Armada de Chile y 19 investigadores de nueve (09) instituciones nacionales e internacionales (Molares, 2015).

Para la II Expedición a la Antártica se emplearon los apoyos de los programas antárticos de Argentina, Chile, Ecuador e Italia; se contó con la participación de 24 investigadores asociados al PAC, quienes realizaron actividades enmarcadas en quince (15) proyectos, los cuales incluyeron visitas a diferentes bases científicas y el embarque de investigadores en buques de estos países.

En el desarrollo de la III Expedición científica de Colombia a la Antártica, con el objetivo de abarcar más proyectos de investigación, se concibió su realización a bordo del buque ARC “20 de Julio”, mientras parte del equipo de investigadores empleó la figura de cooperación internacional a bordo de bases y buques de países aliados del TA. En esta ocasión se contó con la participación de 33 investigadores y el desarrollo de 27 proyectos de investigación (Torres, Mojica & Díaz, 2017).

Durante la IV Expedición científica de Colombia a la Antártica participaron 43 investigadores asociados al PAC, en 27 proyectos de investigación, con un componente embarcado a bordo del ARC “20 de Julio” y otro componente en buques de países aliados (Gutiérrez, 2018). Para esta edición se contó con el apoyo del avión C-130 Hércules de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC).

La V Expedición científica de Colombia a la Antártica, realizada entre el 20 de noviembre de 2018 y el 17 de febrero de 2019, empleando nuevamente el ARC “20 de Julio”, se realizó con personal científico de Colombia y países amigos, llevando a cabo actividades de investigación en oceanografía, meteorología, biología marina y glaciología.

En los años subsiguientes se realizaron las expediciones VI, VII, VIII y IX, de manera ininterrumpida hasta el año 2022, mediante el empleo de plataformas áreas de la FAC y el apoyo de cooperación internacional de los países aliados.

Para la X expedición el PAC definió como logo oficial una imagen principal el buque oceanográfico ARC “Simón Bolívar” como eje integrador de la investigación científica marina en la Antártica (Figura 1).



Figura 1. Logo oficial de la Expedición científica de Colombia a la Antártica, X Expedición "Bicentenario Naval", verano austral 2023-2024.

De esta forma, el PAC ha logrado durante la última década, de manera ininterrumpida, materializar diez expediciones científicas a la Antártica, empleando plataformas de la ARC y de la FAC, y haciendo uso efectivo de la cooperación internacional en aras del desarrollo de proyectos de investigación en múltiples disciplinas; pasando por las ciencias básicas, las ciencias especializadas, el arte y las humanidades, con el objeto de contribuir de manera significativa a los intereses trazados en el sistema del TA, del cual el Estado colombiano funge como miembro adherente, con la pretensión estratégica de modificar su estatus al de país consultivo, con el propósito de aportar a la toma de decisiones.

1.2 Objetivo general

Realizar la fase de campo de los proyectos de investigación, entre el océano pacífico colombiano y la Península Antártica, a bordo del buque ARC “Simón Bolívar” en el marco de la X Expedición Científica de Colombia a la Antártica verano austral 2023-2024 con el fin de aportar a la investigación científica tanto nacional como internacional.

2. PERSONAL PARTICIPANTE

Tabla 1. Personal de tripulantes e invitados partícipes de la Expedición científica de Colombia a la Antártica, X Expedición "Bicentenario Naval", verano austral 2023-2024

N°	Grado	Nombre	Función	Entidad
1	CNESP	Jahir Andrés Robledo Leal	Comandante	5KLD
2	CFESP	Carlos Andrés Torres Caraballo	2° Comandante	5KLD
3	CCESP	Alberto José Rebolledo Lozano	JDO	5KLD
4	CCEIN	Moisés Emiro Martínez Menco	JDI	5KLD
5	TNEIN	Nicolás Montenegro Gómez	Propulsión	5KLD
6	TNEIN	Carolina Bernal de la Torre	Electricidad	5KLD
7	TNESP	Carlos Andrés Javela Esquivel	JDC y L	5KLD
8	TFLADM	Sebastián Cuartas López	JDL	5KLD
9	TFESP	José Julián Patiño Medina	Navegación	5KLD
10	TFEIN	Angie Carolina Sánchez Canchila	Control de averías	5KLD
11	TFESP	Heidy Daneyi Aguilar Forero	Comunicaciones	5KLD
12	TFESP	Belmerth Arley Carrillo Leal	Cubierta	5KLD
13	TKESP	Daniela Esteban Sánchez	Laboratorios	5KLD

N°	Grado	Nombre	Función	Entidad
14	TKEIN	Francisco Carreño López	Propulsión	5KLD
15	TKESP	Santiago Alejandro Rozo Prada	Navegación	5KLD
16	TKESP	James Stiven Rodríguez Barney	Laboratorios	5KLD
17	TKESP	Alejando Mauricio Ortiz González	Cubierta	5KLD
18	TKESP	Esteban Manuel Galeano Barrera	Logística	5KLD
19	TKESP	Santiago Cabra Puerta	Comunicaciones	5KLD
20	S1MPM	Helmer Arley Bahos Zúñiga	Jefe de máquinas	5KLD
21	S1MPM	José Pantaleón Sánchez Ruiz	Propulsión	5KLD
22	S1MPC	Jhon Carlos Cuéllar Calderón	electricidad	5KLD
23	S2MCC	Richard Enrique Méndez Romero	Contra maestre de carga	5KLD
24	S2MAR	Luis Alberto Ramos González	Navegación	5KLD
25	S2MAR	Michael Antonio Noguera Jiménez	Maestro de armas	5KLD
26	S2MCC	Kevin Hernán Castro Castro	Contra maestre	5KLD
27	S2MEL	Jheison Andrés Campo Micolta	Comunicaciones	5KLD
28	S2MMH	Óscar David Manzanares Hernández	Laboratorios	5KLD
29	S2MPR	Ómar Alfonso Rivera Espitia	Electricidad	5KLD
30	S2MCC	Christian Mauricio Durán Fuentes	Contra maestre	5KLD
31	S2MPC	Bayron José Bahoque Machacón	Propulsión	5KLD
32	S2MCC	Eduardo Andrés Valenzuela Vásquez	Contra maestre	5KLD
33	S2MEC	Gary José Lora Ballesteros	Comunicaciones	5KLD
34	S3LAA	Jaan Freddy Vergara Pabuena	Logística	5KLD
35	S3MPR	Gabriel David García Guevara	Electricidad	5KLD
36	S3MPM	Andrés Felipe Castro Rocha	Propulsión	5KLD
37	S3MPC	Queyson Jonatan Soler Pedreros	Propulsión	5KLD
38	MA1MPM	Jean Carlos Martínez Puerta	Propulsión	5KLD
39	MA1MNN	Brayder Luis Lara Santos	Navegación	5KLD
40	MA1MNN	Sergio Nicolás Robayo Pinzón	Navegación	5KLD
41	MA1MPR	Camilo Andrés González Muñoz	Electricidad	5KLD
42	MA1MMH	Andrés Felipe Ospino Bonifacio	Laboratorios	5KLD
43	MA1MCC	José Camilo Martínez Martínez	Contra maestre	5KLD
44	MA2MNN	Anderson José Mercado Pérez	Navegación	5KLD

Expedición Científica de Colombia a la Antártica

N°	Grado	Nombre	Función	Entidad
45	MA2MNN	Alexander Gómez Arzuaga	Navegación	5KLD
46	MA2MPM	Wilmer Gustavo González Guzmán	Propulsión	5KLD
47	MA2MMH	Jesús Andrés Guzmán Vergara	Laboratorios	5KLD
48	MA2MHH	Fabián Isidro Beltrán Gutiérrez	Cubierta	5KLD
49	MA2MPC	Stevenson Palacio Pérez	Propulsión	5KLD
50	MA2MCC	Camilo José Pabuena Yepes	Contraemaestre	5KLD
51	MA2LAA	Rolando Steven Romero Jiménez	Logístico	5KLD
52	MA2MNN	Yorman Medina Hernández	Navegación	5KLD
53	MA2MMO	Sebastián José Pertuz Nova	Cubierta	5KLD
54	MA2MMO	Yeisson Andrés Rodríguez Castro	Cubierta	5KLD
55	MA2MPM	Jesús David García Acosta	Propulsión	5KLD
56	CCEAN	Manuel Julián Niño Angulo	Piloto	ARC 229
57	TFEAN	Víctor Hugo Rosero Chamorro	Copiloto	ARC 229
58	S1MVM	Luis Alberto Silva Alvarado	Técnico de vuelo	ARC 229
59	S1MVM	Edgar Julián Toro Alarcón	Técnico de vuelo	ARC 229
60	MA1MVM	Juan Valencia Benavides	Técnico de vuelo	ARC 229
61	TFASMG	Liseth Paola Aguilar Reyes	Médico	DISAN
62	S2LSN	Hugo Alandete Vásquez	Enfermero	DISAN
63	TNACSP	Cindy Paola Cárdenas James	Comunicaciones estratégicas	DCOES
64	S2ABAU	Juan Carlos Rojas Martínez	Comunicaciones estratégicas	DCOES
65	S1AISO	Reney Patiño Alarcón	Buzo	COBUC
66	S2AIMA	Deisy Gabriela Gómez Arenas	Buzo	COBUC
67	IMP	Yeison Fabián Padilla Luna	Cocinero	CIMAR
68	IMP	Juan Segundo López Reyes	Cocinero	CIMAR
69	IMP	Hugo Fernando Garavito de Antonio	Asistente	CIMAR
70	AA12	Samuel Enrique Berrío Narváez	Cocinero	BNL01
71	AA12	Raúl Enrique Navarro González	Asistente	BNL01
72	CPS	Natalia Jaramillo Machuca	Coordinadora	SECCO
73	Profesional	Laura Nicol Buitrago Guzmán	Periodista	Caracol TV
74	Profesional	Sebastián Camilo Garzón Lozano	Asistente	Caracol TV
75	Profesional	Ricardo Andrés Calderón Martínez	Asistente	Caracol TV
76	Profesional	Juan Esteban Restrepo Ruiz	Periodista	AFP
77	Profesional	Juan Carlos Barreto Torres	Periodista	AFP



Figura 2. Fotografía oficial de la Expedición científica de Colombia a la Antártica, X Expedición "Bicentenario Naval", verano austral 2023-2024

Tabla 2. Personal de investigadores participantes en la Expedición científica de Colombia a la Antártica, X Expedición "Bicentenario Naval", verano austral 2023-2024

N°.	Grado	Nombre	Función	Proyecto	Entidad
1	CNESP	Alexis Grattz Bonilla	Jefe de crucero	Iceman-Oceanografía	Dimar
2	S2MMO	Eduar Humberto Echavarría Rojo	Investigador		
3	CCESP	Maritza Yiseed Moreno Calderón	Investigador	Iceman-Meteorología	Dimar
4	MA1MMO	Sebastián Rueda Castro	Investigador		
5	S2MMH	Juan Camilo Cáceres Sanabria	Investigador	Iceman-Hidrografía	Dimar
6	MA1MMH	Harry Luis Cantillo Tolosa	Investigador		
7	Profesional	Jaime Andrés Rincón Castro	Investigador	Evaluación de gases de efecto invernadero y contaminantes climáticos	ARC-Ecopetrol
8	Profesional	José Luis Sarmiento Vesga	Investigador		
9	Profesional	Jhorman Alexis Niño Gómez	Investigador		

Expedición Científica de Colombia a la Antártica

N°.	Grado	Nombre	Función	Proyecto	Entidad
10	Profesional	Lorenzo Portillo Cogollo	Investigador	Influencia de forzamientos de bajas y altas latitudes en el agua circumpolar profunda	Invemar
11	Profesional	Elkin Rafael Pardo Oñate	Investigador		
12	CFESP	Wilson Andrés Ríos Angulo	Investigador	Estudio de riesgos asociado a operaciones marítimas en territorio antártico	ENAP
13	Profesional	Jairo Rafael Coronado Hernández	Investigador		
14	Profesional	Andrea Bonilla Garzón	Investigadora	Evaluación de patrones de ocurrencia de mamíferos marinos y niveles de sonido ambiental oceánico	Universidad de Cornell
15	Profesional	Paulo César Tigreros Benavides	Investigador	Abundancia y caracterización fisicoquímica de los microplásticos presentes en las aguas superficiales	Universidad de Bogotá "Jorge Tadeo Lozano" (UJTL)
16	Profesional	Diego Fernando Mojica Moncada	Investigador	Programa de Investigación en Mamíferos Marinos Antárticos (Pimma)	Fundación Malpelo
17	Capitán de Corbeta	David Roberto Carranza Rueda	Investigador		Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada del Ecuador (Inocar)
18	Profesional	Pablo Alejandro Araújo Granda	Investigador	Modelización de ecosistemas antárticos usando IBM y técnicas de machine learning	
19	Profesional	Burak Karacık	Investigador	Medición e identificación de fuentes de hidrocarburos poliaromáticos en las islas Shetland del sur	Programa Antártico de Turquía

3. ÁREA DE MUESTREO

Para el desarrollo de los doce (12) proyectos de investigación que se desarrollaron a bordo se establecieron dos escenarios de acuerdo con la ubicación del buque y la totalidad del personal a bordo, así:

- Una primera zona fue empleada por los proyectos desarrollados por Ecopetrol-ARC ‘Evaluación de gases de efecto invernadero y contaminantes climáticos en la Expedición Antártica del ARC “Simón Bolívar” 2023-2024’, en donde la toma de información se realizó una vez la Unidad zarpó desde la Base Naval Logística N°. 1 ARC “Bolívar” y su tránsito por aguas del mar Caribe y océano Pacífico, recorrido antártico y posterior retorno a Cartagena.

En esta misma zona, el proyecto Dimar-Oceanografía ‘Caracterización de las variables oceanográficas del estrecho de Gerlache’ en conjunto con el del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito vives de Andrés” (Invemar), ‘Influencia de forzamientos de bajas y altas latitudes en el agua circumpolar profunda (cdw) y su efecto tanto en el ambiente antártico como tropical’ aprovecharon el tránsito de la Unidad por el océano Pacífico, desde aguas colombianas y aguas internacionales con rumbo sur hacia el territorio antártico, para tomar datos mediante el empleo de la roseta oceanográfica en la columna de agua hasta los 1500 m (Fig. 3).

Este mismo recorrido benefició al proyecto Dimar-Hidrografía ‘Levantamiento hidrográfico con tecnología multihaz en el estrecho de Gerlache’ en la realización del levantamiento hidrográfico en su tránsito por aguas colombianas y aguas internacionales, la información recolectada será entregada al Servicio Hidrográfico Nacional (SHN) para determinar si es acta para su difusión en el ámbito internacional.

Expedición Científica de Colombia a la Antártica



Figura 3. Estaciones realizadas en desplazamiento hacia la Antártica.

- La segunda zona comprendió las aguas interiores del Continente Blanco, una vez se inició el recorrido por los estrechos de Bransfield y Gerlache, cuando la Unidad arribó a las islas Shetland del Sur con todo el personal de los equipos de investigación a bordo, donde se realizaron 24 estaciones oceanográficas con el empleo de la roseta oceanográfica (Fig. 4).

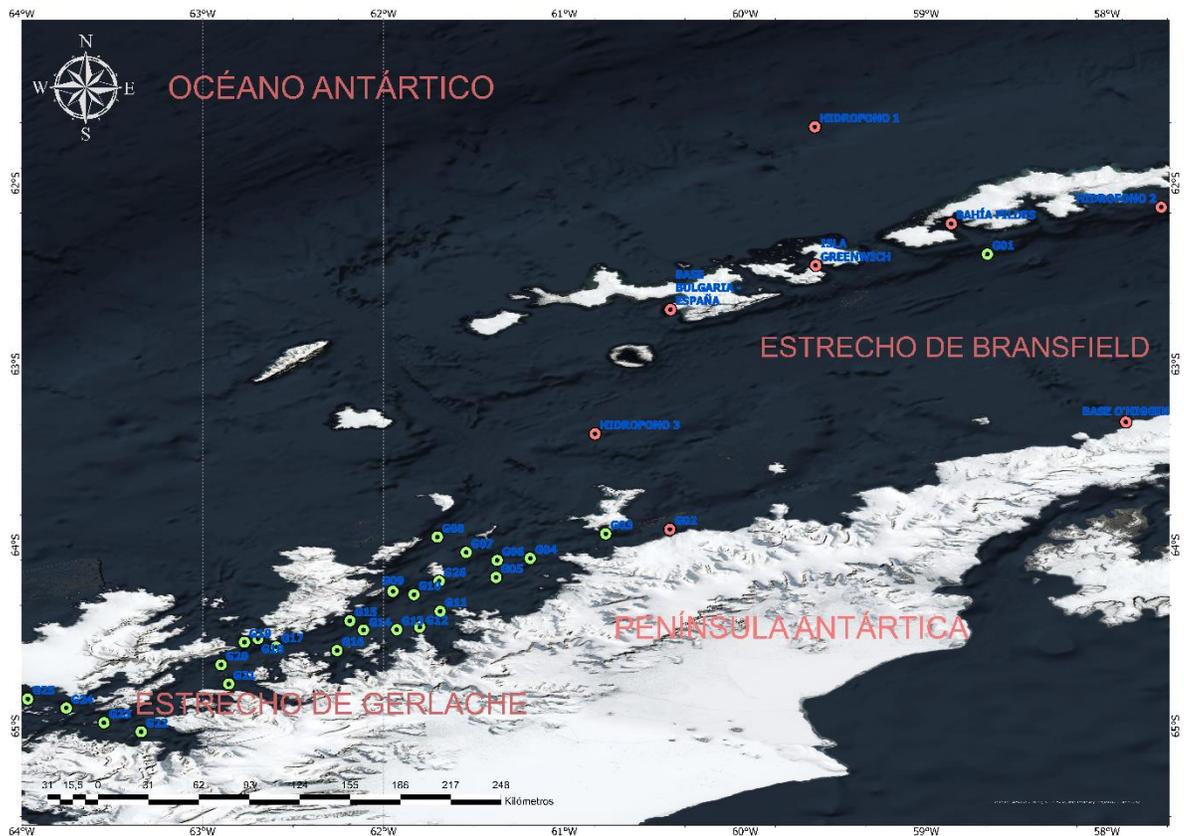


Figura 4. Estaciones de muestreo ubicadas en territorio antártico.

El estrecho de Bransfield (Fig. 5) es un mar semicerrado que se encuentra ubicado entre las islas Shetland del Sur y el oeste de la península Antártica (Huneke, Huhn, & Schröder, 2016). Cuenta con una batimetría compleja y está compuesto por tres cuencas separadas por sillas poco profundas. La profundidad de la cuenca oeste alcanza los 1200 m, la central 1700 m y la este 2700 m (Gordon, Mensch, Dong, Smethie, & Bettencourt, 2000). Cada una de estas cuencas tiene características únicas en sus masas de agua. El norte y el oeste del Estrecho están separados de las aguas del paso del Drake por barreras topográficas a una profundidad mayor a los 600 m (Smith & Sadwell, 1997). Por su parte el este está separado del mar de Weddell por una meseta poco profunda y por un paso que tiene una profundidad de 750 m (Gordon *et al.*, 2000).

El estrecho de Gerlache (Fig. 6) se caracteriza por ser un sistema de fiordos con contornos irregulares, con una longitud de entre 100 km a 150 km, y un ancho de aproximadamente 40 km a 50 km, con algunas bahías y estrechos menores en su interior (Lonin, 2015).

Expedición Científica de Colombia a la Antártica

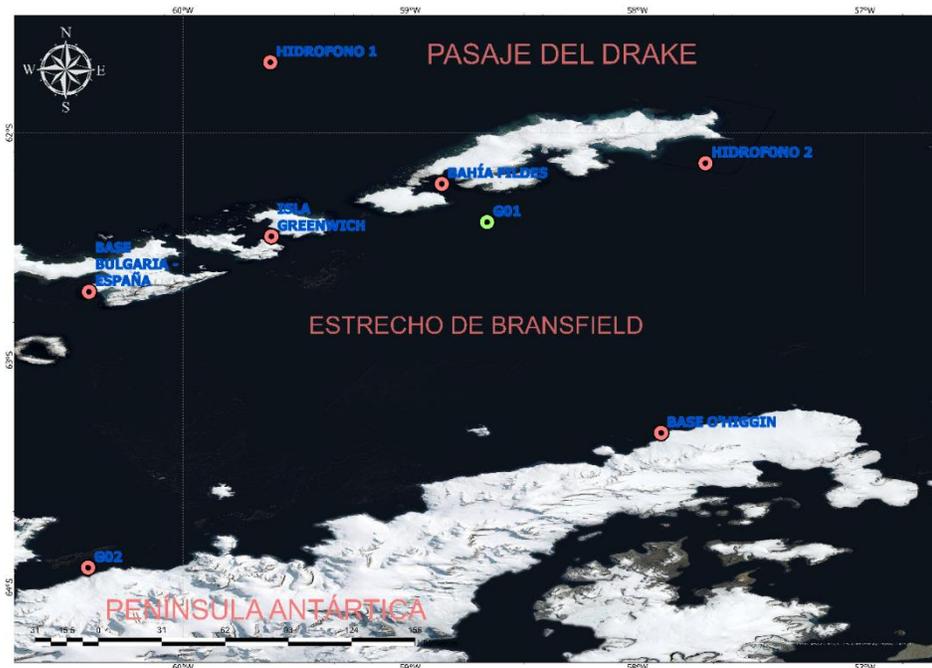


Figura 5. Estrecho de Bransfield, península Antártica.

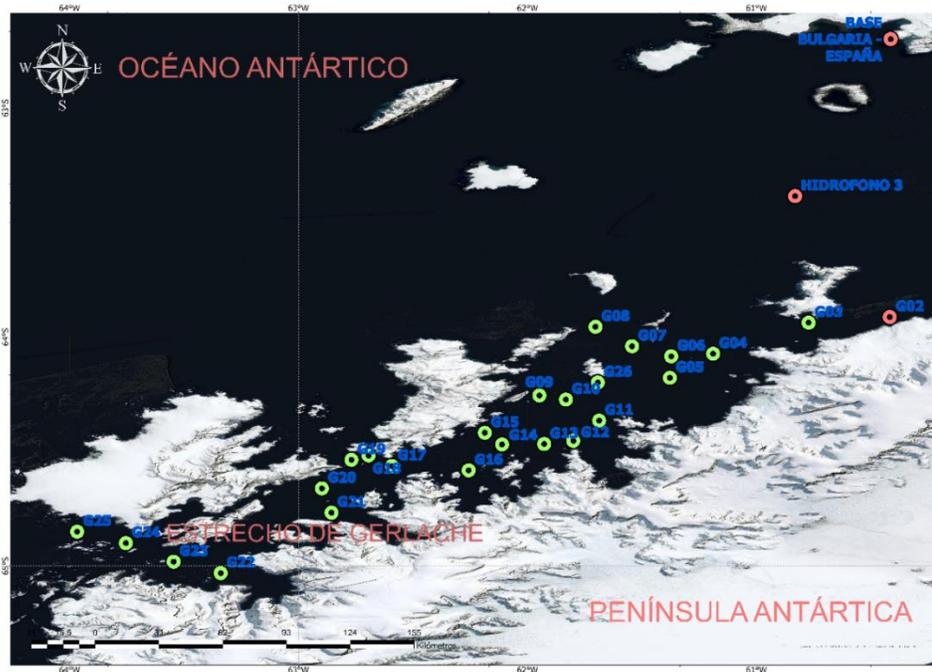


Figura 6. Estrecho de Gerlache, península Antártica.

3.1 Estaciones de muestreo

Las estaciones oceanográficas establecidas en el área comprendida entre la ruta de desplazamiento desde Colombia hacia el territorio antártico y las contempladas dentro del mismo se listan a continuación:

Tabla 3. Estaciones oceanográficas realizadas durante el tránsito hacia la Antártica.

Nombre de la estación	Fecha [DD/MM/AAA]	Latitud [Grados decimales]	Longitud [Grados decimales]
Punto-S01 COL	05-12-2023	4.017861°	-79.689600°
Punto-S02 ECU	17-12-2023	-1.323919°	-84.564473°
Punto-S03 PER	17-12-2023	-4.735437°	-84.907532°
Punto-S04 PER	18-12-2023	-9.320071°	-82.944522°
Punto-S05 PER	19-12-2023	-13.421159°	-80.819859°
Punto-S06 PER	21-12-2023	-17.575812°	-78.392261°
Punto-S07 CHI	22-12-2023	-21.314000°	-75.622000°
Punto-S08 CHI	23-12-2023	-26.479318°	-75.409413°
Punto-S09 DRAKE	01-02-2024	-61.787167°	-59.899167°

Tabla 4. Estaciones oceanográficas realizadas en territorio antártico.

Nombre de la estación	Fecha [DD/MM/AAA]	Latitud [Grados decimales]	Longitud [Grados decimales]
Punto-G01	14-01-2024	-62.393000°	-58.662000°
Punto-G02	15-01-2024	-63.892617°	-60.412183°
Punto-G03	15-01-2024	-63.958500°	-60.737533°
Punto-G04	15-01-2024	-64.067733°	-61.191450°
Punto-G05	15-01-2024	-64.198917°	-61.239783°
Punto-G06	15-01-2024	-64.110817°	-61.451500°
Punto-G07	15-01-2024	-64.072850°	-61.507133°
Punto-G08	15-01-2024	-63.998117°	-61.696117°
Punto-G09	16-01-2024	-64.274183°	-61.911017°
Punto-G10	16-01-2024	-64.323150°	-61.711967°
Punto-G11	16-01-2024	-64.400800°	-61.658367°
Punto-G12	16-01-2024	-64.468350°	-61.692767°
Punto-G13	16-01-2024	-64.518617°	-61.897400°
Punto-G14	17-01-2024	-64.470783°	-62.050883°
Punto-G15	17-01-2024	-64.419317°	-62.161800°
Punto-G16	17-01-2024	-64.561283°	-62.278317°
Punto-G17	19-01-2024	-64.583433°	-62.521867°

Expedición Científica de Colombia a la Antártica

Punto-G18	19-01-2024	-64.532217°	-62.653700°
Punto-G19	19-01-2024	-64.594183°	-62.718033°
Punto-G20	17-01-2024	-64.648300°	-62.871067°
Punto-G21	20-01-2024	-64.783367°	-62.770883°
Punto-G22	21-01-2024	-64.989583°	-63.362583°
Punto-G23	21-01-2024	-64.959683°	-63.507167°
Punto-G24	21-01-2024	-64.906750°	-63.676783°
Punto-G25	22-01-2024	-64.845183°	-63.970650°
Punto-G26	23-01-2024	-64.216767°	-61.663333°

En el planeamiento solamente se tenían contemplados 24 puntos para realizar estaciones oceanográficas en territorio antártico, pero los puntos G02 y G26 se realizaron aprovechando unas pruebas de equipos que se realizaron a los equipos oceanográficos, cuya data se recolectó con los mismos protocolos de calidad exigidos en los proyectos y los resultados obtenidos pueden enriquecer las diferentes investigaciones.

4. DESCRIPCIÓN

A continuación, se realiza una descripción detallada de las actividades desarrolladas durante la Expedición Científica de Colombia a la Antártica, X Expedición “Bicentenario naval” verano austral 2023-2024.

Tabla 5. Actividades desarrolladas durante la Expedición Científica de Colombia a la Antártica, X Expedición “Bicentenario naval” verano austral 2023-2024.

Hora	Asunto	Anotación
28 de noviembre de 2023		
1600R	Zarpe	ARC “Simón Bolívar” zarpa desde muelle principal de la Base Naval ARC “Bolívar” de Cartagena en cumplimiento de la OROPER N°. 134 CFNC 2023, hacia área de fondeo de Colón, Panamá. A parte de la tripulación se embarcaron 04 proyectos de investigación abordo (03 Dimar -01 Ecopetrol-ARC).
29 de noviembre de 2023		
0800R	Proyecto Ecopetrol	Una vez instalados los sensores en la cubierta del FIFI de la unidad, los 02 investigadores Ecopetrol inician monitoreo de gases de manera permanente para el proyecto ‘Caracterización gases efecto invernadero en proceso de combustión buque ARC SB – X Expedición Antártica verano Austral 2023-2024’, donde de manera sistemática se realiza medición de gases de combustión en chimeneas de referencia sobre la línea de propulsores (P2 Estribor) y sobre la línea de Generadores (G3 Estribor). Sobre estas líneas de chimeneas se cuantifica concentración de SO ₂ , NO _X , CO ₂ , CO y O ₂ , y caudal de flujo, sumado a la caracterización de gases de combustión. Estas actividades se realizan en dos periodos de tiempo (a.m./p.m.), de acuerdo con factibilidades de clima o según cambios significativos de la condición de crucero de interés operacional, tales como: Fondeo, Atraque, Curso en alta/baja velocidad, navegación en condiciones de alto tráfico marítimo, entre otros.
30 de noviembre de 2023		
0800R	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación,

Expedición Científica de Colombia a la Antártica

		caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
1600R	Fondeo	La Unidad llega al área de fondeo de Colón, Panamá, y fondea en el sector D1, en posición Lat. 10° 22.175 N, Long. 079° 54.186 W, a la espera de autorización de las autoridades para tránsito.
3 de diciembre de 2023		
1400R	Tránsito	La Unidad realiza tránsito por el canal de Panamá, cruzando las esclusas de Gatun, Miraflores y Pedro Miguel.
4 de diciembre de 2023		
0200R	Tránsito	Se termina tránsito por el canal de Panamá e inicia navegación por el océano Pacífico hacia Bahía Málaga.
1700R	Prueba de desempeño equipos oceanográficos e hidrográficos	Unidad realiza estación oceanográfica de prueba en posición Lat. 05° 44.891 N, Long. 079° 49.629 W, para verificación de sensores, roseta muestreadora, CTD Sea Bird 25 plus V2, sistema telemetría y winche, a una profundidad de 1500 m; asimismo, perfilador de la velocidad del sonido sin novedad.
5 de diciembre de 2023		
0300R	Proyectos de oceanografía e Invemar	En la estación de muestreo S01 COL, en la posición Lat. 4.017861°N con Long. -79.689600°W, se realiza el lanzamiento de roseta oceanográfica a 1500 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos oceanografía e Invemar.
1711R	Atraque	El buque ARC "Simón Bolívar" atraca en muelle de la Base Naval "Bahía Málaga" sin novedad.
1800R	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen

primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.

11 de diciembre de 2023

0617R	Zarpe	El buque ARC “Simón Bolívar” zarpa desde el muelle principal BNL02, sector C1, en cumplimiento de la OROPER N°. 134 CFNC 2023.
0922R	Atrake	El buque ARC “Simón Bolívar” atraca en el muelle N°. 1 de la Sociedad Portuaria de Buenaventura, por el costado de babor, para alistarse para la ceremonia de zarpe por inicio de la X Expedición “Bicentenario Naval” de Colombia hacia la Antártica, verano austral 2023-2024.

1800R	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
-------	--------------------	---

13 de diciembre de 2023

1000R	Personal	A la hora y fecha se embarcan 02 investigadores del Invemar, Lorenzo Portillo y Rafael Pardo, para desarrollar el proyecto ‘Influencia de forzamientos de bajas y altas latitudes en el agua circumpolar profunda (CDW) y su efecto tanto en el ambiente Antártico como tropical’.
1800R	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.

14 de diciembre de 2023

1800R	Zarpe	A la hora se realiza ceremonia de zarpe presidida por el señor presidente de la república, autoridades y familiares, e inicia la X Expedición de Colombia a la Antártica, verano austral 2023-2024. La unidad zarpa desde muelle N°. 1 de la Sociedad Portuaria en
-------	-------	--

Expedición Científica de Colombia a la Antártica

Buenaventura, Valle de Cauca, en cumplimiento de la OROPER N°. 134 CFNC 2023.

2010R	Calibración ecosonda multihaz	A la hora se realiza calibración de la ecosonda multihaz EM 304, en la posición Lat. 03°14.826 N con Long. 077° 50.348 W, quedando en óptimas condiciones para realizar los trabajos de levantamiento hidrográfico.
15 de diciembre de 2023		

1800R	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
17 de diciembre de 2023		

0200R	Proyectos de oceanografía e Invemar	En la estación de muestreo S02 ECU, en la posición Lat. -1.323919°N con Long. -84.564473°W, se realiza el lanzamiento de roseta oceanográfica a 1500 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos de oceanografía e Invemar.
--------------	-------------------------------------	---

1800R	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
--------------	--------------------	---

2000R	Proyectos de oceanografía e Invemar	En la estación de muestreo S03 PER, en la posición Lat. -4.735437°N con Long. -84.907532°W, se realiza el lanzamiento de roseta oceanográfica a 1500 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos de oceanografía e Invemar.
--------------	-------------------------------------	---

18 de diciembre de 2023		
1800R	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.

2145R	Proyectos de oceanografía e Invemar	En la estación de muestreo S04 PER, en la posición Lat. -9.320071°N con Long. -82.944522°W, se realiza el lanzamiento de roseta oceanográfica a 1500 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos de oceanografía e Invemar.
19 de diciembre de 2023		
1800R	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
2105R	Proyectos de oceanografía e Invemar	En la estación de muestreo S05 PER, en la posición Lat. -13.421159°N con Long. -80.819859°W se realiza el lanzamiento de roseta oceanográfica a 1500 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos de oceanografía e Invemar.
21 de diciembre de 2023		
0010R	Proyectos de oceanografía e Invemar	En la estación de muestreo S06 PER, en la posición Lat. -17.575812°N con Long. -78.392261°W, se realiza el lanzamiento de roseta oceanográfica a 1500 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos de oceanografía e Invemar.
1800R	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
22 de diciembre de 2023		
0117R	Proyectos de oceanografía e Invemar	En la estación de muestreo S07 CHI, en la posición Lat. -21.314000°N con Long. -75.622000°W, se realiza el lanzamiento de roseta oceanográfica a 1500 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma

Expedición Científica de Colombia a la Antártica

de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos de oceanografía e Invemar.

1800R	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
--------------	--------------------	---

23 de diciembre de 2023

0605Q	Proyectos de oceanografía e Invemar	En la estación de muestreo S08 CHI, en la posición Lat. -26.479318°N con Long. -75.409413°W, se realiza el lanzamiento de roseta oceanográfica a 1500 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos de oceanografía e Invemar.
--------------	-------------------------------------	--

1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
--------------	--------------------	---

26 de diciembre de 2023

1000Q	Atraque	El ARC "Simón Bolívar" atraca en el puerto El Molo, en Valparaíso. Lo reciben las autoridades de Chile y personal del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile.
--------------	---------	--

27 de diciembre de 2023

0900Q	Visita científica	Se realiza visita por parte del CN. Alexis Grattz, jefe de crucero, acompañado por personal de científicos, al Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile.
--------------	-------------------	---

29 de diciembre de 2023

1900Q	Zarpe	El ARC "Simón Bolívar" zarpa desde el muelle El Molo, en Valparaíso - Chile, con rumbo a Punta Arenas - Chile.
--------------	-------	--

5 de enero de 2024

1200Q	Atraque	
--------------	---------	--

El ARC “Simón Bolívar” atraca en el muelle José de los Santos Mardones, en Punta Arenas – Chile. Lo reciben las autoridades regionales sin novedad.

1800Q	Personal de investigadores	A la hora se embarca el personal faltante de investigadores que realizarán proyectos durante la X Expedición de Colombia a la Antártica, a bordo del buque de investigación científica marina (BICM) ARC “Simón Bolívar”.
6 de enero de 2024		
0900Q	Visita científica	Se realiza visita por parte del CN Alexis Grattz, jefe de crucero, acompañado por el personal de científicos al Instituto Antártico de Chile.
7 de enero de 2024		
1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
2100Q	Zarpe	El ARC “Simón Bolívar” zarpa desde el muelle José de los Santos Mardones, en Punta Arenas – Chile, con rumbo a Puerto William - Chile sin novedad.
12 de enero de 2024		
0800Q	Fondeo	El ARC “Simón Bolívar” fondea en la bahía de la isla de Greenwich, frente a la Base Polar Antártica Maldonado, con el fin de descargar material traído desde Punta Arenas como apoyo logístico para la base ecuatoriana.
1000Q	Proyecto ‘Determinación del aporte de la presión atmosférica sobre las variaciones del nivel medio del mar sobre la Antártica’	A la hora se desembarca en la Base Polar Maldonado, dos (02) tripulantes de la Dimar, que lideran el proyecto ‘Determinación del aporte de la presión atmosférica sobre las variaciones del nivel medio del mar sobre la Antártica’, con el fin de realizar su proyecto de investigación en la base por un lapso de 22 días.
1800Q	Proyecto Ecopetrol	

Expedición Científica de Colombia a la Antártica

Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.

13 de enero de 2024

0400Q

Zarpe

El ARC "Simón Bolívar" zarpa desde la bahía de la isla de Greenwich, frente a la base Pola Antártica Maldonado - Ecuador, con rumbo a bahía Fildes - Antártica.

0800Q

Fondeo

El ARC "Simón Bolívar" fondea en Fildes - Antártica con el fin de descargar material que fue traído desde Punta Arenas -Chile como apoyo logístico para la base polar del Instituto Antártico Chileno (Inach).

1800Q

Proyecto Ecopetrol

Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.

2300Q

Zarpe

El ARC "Simón Bolívar" zarpa desde la bahía de Fildes - Antártica con rumbo al área de operaciones Antártica, con el fin de realizar los proyectos de investigación científica marina enmarcados en la X Expedición de Colombia a la Antártica.

14 de enero de 2024

0600Q

Proyecto 'Evaluación de patrones de ocurrencia de mamíferos marinos y niveles de sonido ambiental oceánico'.

Se fondea un (01) hidrófono en coordenadas Lat. - 62.133567°N con Long. -57.700877°W de la investigadora Andrea Bonilla, de la Universidad de Cornell, a una profundidad de 430 m.

0930Q

Proyectos Icesman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar

En la estación de muestreo G01, en la posición Lat. -62.393000°N con Long. -58.662000°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 1500 m y recolección de datos físicos en la columna de agua,

		toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Iceman-Oceanografía, Invemar e Inocar, encontrando novedades en las botellas Niskin, las cuales no conservaron las muestras obtenidas.
1530Q	Proyectos Iceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar	Una vez corregidas las novedades en el equipo se realiza nuevamente lanzamiento en la estación P01, hasta los 1500 m, obteniendo las muestras de manera satisfactoria.
1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el cruce.
15 de enero de 2024		
0240Q	Proyectos Iceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar	En la estación de muestreo G02, en la posición Lat. -63.892617°S con Long. -60.412183°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 420 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Iceman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.
0520Q	Proyectos Iceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar	En la estación de muestreo P03, en la posición Lat. -63.958500°S con Long. -60.737533°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 500 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Iceman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.
0820Q	Proyectos Iceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar	En la estación de muestreo G04, en la posición Lat. -64.067733°S con Long. -61.191450°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 180 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros

químicos de los proyectos Iceman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.

<p>1130Q</p>	<p>Proyectos Iceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar</p>	<p>En la estación de muestreo G05, en la posición Lat. -64.198917°S con Long. -61.239783°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 300 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Iceman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.</p>
<p>1300Q</p>	<p>Proyecto Avistamiento de Mamíferos</p>	<p>A la hora y fecha se realiza maniobra de arriado del bote comando en la posición Lat. 64°05'19"S Long. 61°02'37"W, lleva a bordo al investigador Diego Mojica y personal de prensa con el fin de realizar avistamiento de mamíferos, tomas de muestra y registro fotográfico sobre un sector del estrecho de Gerlache.</p>
<p>1758Q</p>	<p>Proyectos Iceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar</p>	<p>En la estación de muestreo G06, en la posición Lat. -64.110817°S con Long. -61.451500°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 600 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Iceman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.</p>
<p>1800Q</p>	<p>Proyecto Ecopetrol</p>	<p>Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.</p>
<p>2030Q</p>	<p>Proyectos Iceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar</p>	<p>En la estación de muestreo G07, en la posición Lat. -64.072850°S con Long. -61.507133°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 300 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Iceman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.</p>

2302Q	Proyectos Iceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar	En la estación de muestreo G08, en la posición Lat. -63.998117°S con Long. -61.696117°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 1000 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Iceman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.
16 de enero de 2024		
0740Q	Proyectos Iceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar	En la estación de muestreo G09, en la posición Lat. -64.274183°S con Long. -61.911017°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 1000 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Iceman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.
1118Q	Proyectos Iceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar	En la estación de muestreo G1,0 en la posición Lat. -64.323150°S con Long. -61.711967°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 700 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Iceman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.
1400Q	Proyecto Avistamiento de Mamíferos	A la hora y fecha se realiza maniobra de arriado del bote comando en la posición Lat. 64° 23' 45" S Long. 61° 40' 19" W, lleva a bordo al investigador Diego Mojica y personal de prensa con el fin de realizar avistamiento de mamíferos, tomas de muestra y registro fotográfico sobre un sector del estrecho de Gerlache.
1439Q	Proyectos Iceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar	En la estación de muestreo G11, en la posición Lat. -64.400800°S con Long. -61.658367°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 300 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros

Expedición Científica de Colombia a la Antártica

		químicos de los proyectos Iceman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.
1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
1920Q	Proyectos Iceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar	En la estación de muestreo G12, en la posición Lat. -64.468350°S con Long. -61.692767°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 300 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Iceman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.
2130Q	Proyectos Iceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar	En la estación de muestreo G13, en la posición Lat. -64.518617°S con Long. -61.897400°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 300 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Iceman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.
17 de enero de 2024		
0631Q	Proyectos Iceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar	En la estación de muestreo G14, en la posición Lat. -64.470783°S con Long. -62.050883°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 550 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Iceman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.
0945Q	Proyectos Iceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar	En la estación de muestreo G15, en la posición Lat. -64.419317°S con Long. -62.161800°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 500 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma

		de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Iceman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.
1425Q	Proyectos Iceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar	En la estación de muestreo G16 en la posición Lat. -64.561283°S con Long. -62.278317°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 500 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Iceman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.
1910Q	Proyectos Iceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar, Levantamiento Hidrográfico	En la estación de muestreo G20, en la posición Lat. -64.648300°S con Long. -62.871067°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 350 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, recolección de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Iceman-Oceanografía, Invemar e Inocar. Asimismo, se lanza perfil de la velocidad del sonido con la finalidad de corregir la velocidad del sonido en la columna de agua para el levantamiento hidrográfico multihaz.
2320Q	Proyecto Levantamiento Hidrográfico	A la hora y fecha se inicia levantamiento hidrográfico con tecnología multihaz en aguas profundas en el estrecho de Gerlache.
18 de enero de 2024		
0243Q	Proyecto Levantamiento Hidrográfico	Se realiza lanzamiento del perfil de la velocidad del sonido en la posición Lat. 64°21'53" S Long. 61°59' 2196" W, a una profundidad de 826 m, con la finalidad de corregir la velocidad del sonido en la columna de agua para el levantamiento multihaz.
1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.

19 de enero de 2024

0120Q	Proyecto Levantamiento Hidrográfico	A la hora y fecha se finaliza levantamiento hidrográfico con tecnología multihaz en aguas profundas en el estrecho de Gerlache, levantando un total de 172 MNL, cubriendo 421 km ² , cumpliendo así con el 100 % de lo planeado.
0640Q	Proyectos Icceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar	En la estación de muestreo G19, en la posición Lat. -64.594183°S con Long. -62.718033°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 700 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Icceman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.
0935Q	Proyectos Icceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar	En la estación de muestreo G18, en la posición Lat. -64.532217°S con Long. -62.653700°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 400 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Icceman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.
1210Q	Proyectos Icceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar	En la estación de muestreo G17, en la posición Lat. -64.583433°S con Long. -62.521867°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 500 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Icceman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.
1400Q	Proyecto Avistamiento de Mamíferos	A la hora y fecha se realiza maniobra de arriado del bote comando en la posición Lat. 64°40'18" S Long. 62°03'30" W, lleva a bordo al investigador Diego Mojica y personal de prensa con el fin de realizar avistamiento de mamíferos, tomas de muestra y registro fotográfico sobre la bahía de Wilhemina - Antártica.
1800Q	Proyecto Ecopetrol	

		Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
20 de enero de 2024		

0620Q	Proyectos Icesman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar	En la estación de muestreo G21, en la posición Lat. -64.783367°S con Long. -62.770883°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 300 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Icesman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.
--------------	---	--

0803Q	Fondeo	El ARC “Simón Bolívar” fondea en bahía Paraíso – Antártica, al frente de la estación Gonzales Videla de Chile, con el fin de adelantar los proyectos de investigación y hacer visita profesional por parte del personal de científicos y tripulación de del buque.
--------------	--------	--

1400Q	Proyecto Avistamiento de Mamíferos	A la hora y fecha se realiza maniobra de arriado del bote comando en la posición Lat. 64°49'43" S Long. 62°51'39" W, lleva a bordo al investigador Diego Mojica y personal de prensa con el fin de realizar avistamiento de mamíferos, tomas de muestra y registro fotográfico sobre la bahía Paraíso – Antártica.
--------------	------------------------------------	--

1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
21 de enero de 2024		

0625Q	Proyectos Icesman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar	En la estación de muestreo G22, en la posición Lat. -64.989583°S con Long. -63.362583°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 300 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma
--------------	---	---

de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Iceman, Invemar S/N.

<p>0855Q</p>	<p>Proyectos Iceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar</p>	<p>En la estación de muestreo G23, en la posición Lat. -64.959683°S con Long. -63.507167°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 500 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Iceman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.</p>
---------------------	---	--

<p>1030Q</p>	<p>Proyectos Iceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar</p>	<p>En la estación de muestreo G24, en la posición Lat. -64.906750°S con Long. -63.676783°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 500 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Iceman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.</p>
---------------------	---	--

<p>1400Q</p>	<p>Proyecto Avistamiento de Mamíferos</p>	<p>A la hora y fecha se realiza maniobra de arriado del bote comando en la posición Lat. 64°55'58" S Long. 63°35'59" W, lleva a bordo al investigador Diego Mojica y personal de prensa con el fin de realizar avistamiento de mamíferos, tomas de muestra y registro fotográfico sobre la bahía Paraíso – Antártica.</p>
---------------------	---	---

<p>1800Q</p>	<p>Proyecto Ecopetrol</p>	<p>Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.</p>
---------------------	---------------------------	--

22 de enero de 2024

<p>0618Q</p>	<p>Proyectos Iceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar</p>	<p>En la estación de muestreo G25, en la posición Lat. -64.845183°S con Long. -63.970650°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 400 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros</p>
---------------------	---	---

		químicos de los proyectos Iceman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.
1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
23 de enero de 2024		
1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
2010Q	Proyectos Iceman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar	En la estación de muestreo G26, en la posición Lat. -64.216767°S con Long. -61.663333°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 407 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Iceman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.
2030Q	Proyecto Levantamiento Hidrográfico	Se realiza lanzamiento del perfil de la velocidad del sonido en la posición Lat. 64°12'42" S Long. 61°33'00" W, a una profundidad de 404 m, con la finalidad de corregir la velocidad del sonido en la columna de agua para el levantamiento multihaz.
2104Q	Proyecto Levantamiento Hidrográfico	A la hora y fecha se inicia levantamiento hidrográfico con tecnología multihaz en aguas profundas en el sector isla Mono, en el estrecho de Gerlache – Antártica, requerimiento especial del Instituto Hidrográfico del Reino Unido (UKHO, por sus siglas en inglés).
24 de enero de 2024		
0430Q	Proyecto Levantamiento Hidrográfico	A la hora y fecha se finaliza levantamiento hidrográfico con tecnología multihaz en aguas profundas en el sector de isla Mono, en el estrecho de Gerlache, levantando un

total de 41 MNL, cubriendo 74 km², cumpliendo así con el 100 % de lo planeado.

1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
-------	--------------------	---

25 de enero de 2024

0700Q	Proyecto Evaluación de patrones de ocurrencia de mamíferos marinos y niveles de sonido ambiental oceánico	A la hora y fecha se libera acústicamente del fondo del mar un (01) hidrófono en las coordenadas Lat. 63°25'23" S Long. 60°49'03" W, por parte de la investigadora Andrea Bonilla, de la Universidad de Cornell, con la finalidad de descargar información de ocurrencia de mamíferos marinos y niveles de sonido ambiental oceánico.
-------	---	---

1000Q	Proyecto Evaluación de patrones de ocurrencia de mamíferos marinos y niveles de sonido ambiental oceánico	Se fondea el segundo hidrófono en coordenadas Lat. 63°25'23" S Long. 60°49'03" W de la investigadora Andrea Bonilla, de la Universidad de Cornell, a una profundidad de 430 m.
-------	---	--

1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
-------	--------------------	---

26 de enero de 2024

1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte personal Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
-------	--------------------	--

28 de enero de 2024

1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte personal Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen
-------	--------------------	---

		primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
2100Q	Fondeo	El ARC “Simón Bolívar” fondea en bahía Fildes – Antártica, con el fin de adelantar procesos administrativos de los proyectos de investigación y hacer visita profesional por parte del personal de científicos y tripulación de del buque.
30 de enero de 2024		
1600Q	Visita Embajador de Colombia	Se atiende la visita a bordo de la Unidad del embajador Diego Cadena, Director de Asuntos Fronterizos y Marítimos de la Cancillería de Colombia.
1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
Primero de febrero de 2024		
1300Q	Proyecto Evaluación de patrones de ocurrencia de mamíferos marinos y niveles de sonido ambiental oceánico	A la hora y fecha se realiza procedimiento para liberar acústicamente del fondo del mar un (01) hidrófono en coordenadas Lat. 61°45'210 S Long. 59°52'50” W, por parte de la investigadora Andrea Bonilla, de la Universidad de Cornell, durante el procedimiento no se logra rescatar el hidrófono debido a que nunca subió a superficie dando como perdía total el equipo acústico.
1730Q	Proyectos Icesman-Oceanografía, UJTL, Invemar, Inocar	En la estación de muestreo S09 DRAKE, en la posición Lat. -61.787167°S con Long. -59.899167°W, se realiza arrastre con la malla para el proyecto de la UJTL, posterior lanzamiento de roseta oceanográfica a 1500 m y recolección de datos físicos en la columna de agua, toma de muestras de agua para procesamiento de parámetros químicos de los proyectos Icesman-Oceanografía, Invemar e Inocar sin novedad.
1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte personal Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
2 de febrero de 2024		

Expedición Científica de Colombia a la Antártica

2200Q	Fondeo	El ARC “Simón Bolívar” fondea bahía Fildes – Antártica, con la finalidad de realizar apoyo logístico de cooperación internacional al INACH definido con el embarque de material a bordo de la Unidad para ser entregado en Punta Arenas – Chile.
3 de febrero de 2024		
0800Q	Proyecto Determinación del aporte de la presión atmosférica sobre las variaciones del nivel medio del mar sobre la Antártica	El ARC “Simón Bolívar” fondea en la bahía de la isla de Greenwich, al frente de la Base Polar Antártica Maldonado, con el fin de embarcar el material y al personal de investigadores de la Dimar que lideran el proyecto ‘Determinación del aporte de la presión atmosférica sobre las variaciones del nivel medio del mar sobre la Antártica’.
1500Q	Zarpe	El ARC “Simón Bolívar” zarpa desde la bahía de la isla de Greenwich – Antártica con rumbo a Puerto Williams - Chile sin novedad.
1800Q	Proyecto ‘Evaluación de patrones de ocurrencia de mamíferos marinos y niveles de sonido ambiental oceánico’	A la hora y fecha se realiza un intento más del procedimiento para libera acústicamente del fondo del mar un (01) hidrófono en coordenadas Lat. 61°45’210 S Long. 59°52’50” W, por parte de la investigadora Andrea Bonilla, de la Universidad de Cornell, durante el procedimiento no se logra rescatar el hidrófono debido a que nunca subió a superficie dando como perdía total el equipo acústico.
1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
5 de febrero de 2024		
1330Q	Fondeo	El ARC “Simón Bolívar” fondea en Puerto Williams – Chile sin novedad.
1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.

7 de febrero de 2024		
1500Q	Zarpe	El ARC “Simón Bolívar” zarpa desde Puerto Williams – Chile con dirección a Punta Arenas - Chile.
1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
11 de febrero de 2024		
0800Q	Atraque	El ARC “Simón Bolívar” atraca en el muelle Prat en Punta Arenas – Chile sin novedad.
1200Q	Personal de investigadores	Se desembarca el personal de investigadores que realizaron proyectos de investigación científica marina en la X Expedición de Colombia a la Antártica a bordo de BICM ARC “Simón Bolívar”. Abordo continúan el viaje hasta Colombia los seis (06) tripulantes de los proyectos de la Dimar y dos (02) investigadores de Ecopetrol.
1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
12 de febrero de 2024		
1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte personal Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
2200Q	Zarpe	El ARC “Simón Bolívar” zarpa desde Punta Arena – Chile con dirección a Valparaíso - Chile.
14 de febrero de 2024		
1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen

Expedición Científica de Colombia a la Antártica

primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.

16 de febrero de 2024

1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
--------------	--------------------	---

18 de febrero de 2024

1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte personal del Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
--------------	--------------------	--

20 de febrero de 2024

0800Q	Atraque	El ARC "Simón Bolívar" se abarboa al lado de una unidad chilena en el muelle Molo de Abrigo en Valparaíso – Chile sin novedad.
--------------	---------	--

1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
--------------	--------------------	---

21 de febrero de 2024

1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
--------------	--------------------	---

2000Q	Zarpe	El ARC "Simón Bolívar" zarpa desde Valparaíso - Chile con dirección a EL Callao - Perú.
--------------	-------	---

22 de febrero de 2024

1800Q	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen
--------------	--------------------	--

primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.

25 de febrero de 2024

1800Q Proyecto Ecopetrol Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.

27 de febrero de 2024

1800Q Proyecto Ecopetrol Se realiza captura de material particulado por parte personal Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.

Primero de marzo de 2024

1800R Proyecto Ecopetrol Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.

2 de marzo de 2024

1000R Atraque El ARC “Simón Bolívar” atraca en la Base Naval de El Callao de la Marina de Guerra del Perú sin novedad.

1800R Proyecto Ecopetrol Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.

4 de marzo de 2024

1800R Proyecto Ecopetrol Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.

Expedición Científica de Colombia a la Antártica

2000R	Zarpe	El ARC “Simón Bolívar” zarpa desde El Callao - Perú con dirección a Guayaquil - Ecuador.
5 de marzo de 2024		
1800R	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
7 de marzo de 2024		
1800R	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
8 de marzo de 2024		
1800R	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte personal Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
1900R	Atraque	El ARC “Simón Bolívar” atraca en el muelle Yatch Club del Malecón Turístico de Guayaquil – Ecuador sin novedad.
10 de marzo de 2024		
1800R	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
12 de marzo de 2024		
0800R	Zarpe	El ARC “Simón Bolívar” zarpa desde el muelle Yatch Club del Malecón Turístico de Guayaquil - Ecuador hacia la Base Naval ARC “Málaga”.
1800R	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación,

		caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
14 de marzo de 2024		
1800R	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
15 de marzo de 2024		
0730R	Atraque	El buque ARC “Simón Bolívar” atraca en muelle de la Base Naval “Málaga” sin novedad.
1800R	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
16 de marzo de 2024		
1800R	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
18 de marzo de 2024		
1000R	Zarpe	El ARC “Simón Bolívar” zarpa desde la Base Naval ARC “Málaga” hacia Balboa - Panamá, con el fin de cruzar el canal hacia el mar Caribe.
1800R	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
19 de marzo de 2024		
1800R	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación,

Expedición Científica de Colombia a la Antártica

		caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
2100R	Tránsito	Se inicia tránsito por el canal de Panamá, realizando cruce por las esclusas de Miraflores y Pedro Miguel.
20 de marzo de 2024		
0400R	Fondeo	La unidad fondea en el lago Gatun esperando autorización para continuar tránsito por el canal de Panamá.
1700R	Tránsito	Se reanuda el tránsito por el canal de Panamá cruzando las Exclusas de Gatun sin novedad.
1800R	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
22 de marzo de 2024		
0800R	Fondeo	La unidad fondea en el sector 4 Calles para alistamiento de la entrada a la Base Naval ARC “Bolívar”.
1800R	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte personal Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
25 de marzo de 2024		
1800R	Proyecto Ecopetrol	Se realiza captura de material particulado por parte del personal de Ecopetrol para posterior cuantificación, caracterización morfológica e identificación de origen primario. Esta captura se realizará de manera diaria e ininterrumpida durante todo el crucero.
27 de marzo de 2024		
1700R	Atraque	La Unidad atraca en la Base Naval ARC “Bolívar” por término del Crucero de investigación científica marina de Colombia a la Antártica, X Expedición “Bicentenario Naval”, verano austral 2023-2024.

5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

En el crucero a bordo del buque ARC “Simón Bolívar”, en el marco de la Expedición científica de Colombia a la Antártica, X Expedición “Bicentenario Naval”, verano austral 2023-2024, se proporcionó a los investigadores todas las facilidades para desarrollar los doce proyectos de los 19 inscritos en el PAC. Cada una de las líneas de investigación se encargó de recolectar sus datos dependiendo de las especialidades propias de cada línea temática, los cuales serán analizados e interpretados por parte de cada institución inscrita en el PAC, para posterior poder entregar a la comunidad científica los resultados encontrados.

5.1 Caracterización de las variables oceanográficas del Pacífico Sudeste y su relación con el estrecho de Gerlache durante el verano austral 2023-2024

Este proyecto es presentado dentro de la línea Investigación Científica Marina para la Seguridad Marítima en la Antártica (Iceman) de la Dimar y es liderado por talento humano del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCP).

En las expediciones científicas desarrolladas en la Antártica, en las cuales Colombia ha contado con plataforma para el desarrollo de proyectos científicos (I, III, IV y V), se ha adelantado investigación en oceanografía física en el estrecho de Gerlache; establecido como área de interés debido a su conexión con los estrechos de Bransfield y Drake, donde interactúa la Corriente Circumpolar Antártica, de gran importancia debido a que transporta aguas intermedias y profundas entre los océanos Atlántico, Índico y Pacífico (Molares, 2015). Es un área muy limitada en cuanto a la investigación en oceanografía física lograda hasta la fecha, por lo cual es necesaria la recolección de datos oceanográficos relacionados con variables como la conductividad, salinidad, temperatura y el oxígeno disuelto, para caracterizar las condiciones dentro de la columna de agua en el Estrecho.

En la expedición antártica desarrollada durante el verano austral 2023-2024 se espera actualizar esta información, analizarla y compararla con la data histórica tomada en expediciones anteriores, para determinar si existe alguna relación con fenómenos océano-atmosféricos presentes en el área de estudio. Con los datos

obtenidos en aguas internacionales, mientras la Unidad hizo tránsito hacia la Antártica, se tratará de establecer la influencia entre aguas polares y las masas de agua ubicadas frente a los países de la costa Pacífica de América del Sur.

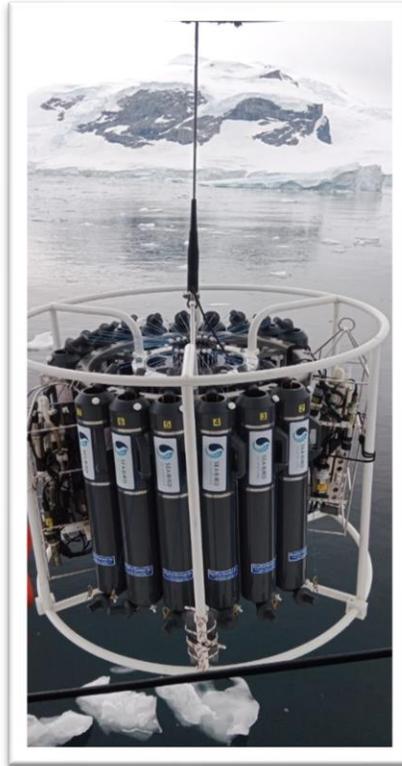


Figura 7. Roseta oceanográfica y perfilador CTDO 25 plus.

5.1.1 Objetivos

- Los objetivos trazados buscan estudiar el comportamiento de las variables oceanográficas en el estrecho de Gerlache, analizar la distribución de las masas de aguas antárticas y su conexión con el Pacífico Sudeste americano, y verificar la influencia de la corriente de Humboldt con las variaciones de los parámetros oceanográficos en aguas de la Cuenca Pacífica Colombiana, y la interacción con la atmósfera.

5.1.2 Metodología y recolección de información

La data se recolectó en dos momentos durante el desarrollo del proyecto, estableciendo nueve (09) estaciones en el tránsito desde Colombia hasta Chile, en aguas internacionales en la columna de agua hasta los 1500 m de

profundidad, y 26 estaciones las cuales 25 se realizaron en el estrecho de Gerlache y una (01) en las proximidades a las islas Greenwich.

Para el muestreo se utilizó un equipo perfilador CTD-O 25 plus, sujeto a la roseta oceanográfica del buque, con la finalidad de recolectar datos en cada estación, tanto físicos como químicos, para otras líneas que se desarrollaron a bordo.

Una vez en estación, el buque realizaba parada de máquinas previo lanzamiento del equipo por un espacio de 60 minutos, aproximadamente, y mediante el empleo de un winche oceanográfico se bajaba el equipo perfilador hasta la profundidad propuesta, recuperándolo inmediatamente, continuando con la derrota trazada por parte de la embarcación. El equipo descendió en cada estación a una velocidad constante de 1.5 m/s hasta la profundidad marcada por ecosonda y verificada en tiempo real con telemetría, guardando un margen de seguridad con respecto al fondo marino.

5.2 Determinación del aporte de la presión atmosférica sobre las variaciones de nivel del mar en la Antártica

Este proyecto amplió el conocimiento básico en meteorología y procesos de interacción océano-atmósfera en el territorio antártico, a partir del estudio de la influencia de la presión atmosférica sobre el nivel del mar en la isla Greenwich, archipiélago Shetland del Sur, y contribuye a futuros estudios sobre cambio climático a partir de la aplicación de correcciones dentro de las tendencias de nivel del mar, en las cuales se incluyan mareógrafos en cercanías al área de estudio. Para ello se pretende instalar una estación meteorológica portátil en cercanías a una estación mareográfica, con la finalidad de garantizar que las mediciones de presión atmosférica y viento sean representativas del punto de monitoreo de nivel del mar, a esta serie de tiempo se le restará la señal generada por factores astronómicos (marea) y el residuo será relacionado con las oscilaciones de la presión atmosférica.

De este análisis se espera cuantificar el aporte de la presión barométrica sobre las oscilaciones de nivel del mar, como también la respuesta de este parámetro ante otras variables que puedan ser medidas como el viento en el área del archipiélago de las Shetland del Sur. Este proyecto se alinea con las áreas temáticas de conocimiento básico y relaciones entre Suramérica y Antártica, propuestas dentro de la Agenda Antártica del país, ya que se pretende realizar en cooperación

internacional dentro de una base que se encuentre en el área de interés y que cuente con un mareógrafo instalado en cercanía a sus instalaciones.

1.2.1 Objetivos

- Identificar el aporte de las variaciones de presión atmosférica y el viento sobre las variaciones de nivel del mar en la Antártica durante verano austral 2023-2024 en cercanías a la isla Greenwich, archipiélago Shetland del Sur.
- Efectuar la recolección de datos de nivel del mar, presión atmosférica y vientos durante un periodo de 28 días en la isla Greenwich, en la Antártica, registrando los eventos extremos que se presenten.
- Realizar un análisis armónico para determinar el comportamiento de los principales constituyentes armónicos de la marea y obtener el residuo meteorológico del periodo muestreado.
- Determinar el aporte de la presión atmosférica y el viento sobre las variaciones de nivel del mar, a partir de una regresión que permita identificar en qué proporción las variables meteorológicas explican la variabilidad del residuo meteorológico.

1.2.2 Metodología y recolección de información

Este trabajo se desarrolló durante el verano austral 2024 en una base antártica en la isla Greenwich equipada con un sensor de nivel del mar. El primer día se realizó la instalación y configuración de una estación meteorológica portátil con sensor de presión atmosférica, y dirección y velocidad del viento, lo más cercano posible al sensor de nivel del mar; que a su vez garantice la seguridad del personal y de los equipos. Dicha estación se configuró para tomar datos cada 10 minutos y ser enviados, vía radio, a un computador en la base antártica con una periodicidad no mayor a una (01) hora. Los datos fueron almacenados como una serie de tiempo en formato UTC, para facilitar el almacenamiento y su posterior gestión.

Una vez en la Base Pedro Vicente Maldonado se instaló la estación meteorológica (Fig. 8) en un punto intermedio entre la punta Orión y el sector conocido como León Dormido (Lat. 62°26'43.8" S, Long. 59°44'06.9" W), donde se aseguró por siete (07) puntos de anclaje (estacas), siguiendo las instrucciones de instalación del fabricante. Se verificó que la estación registrara datos en zona

horaria UTC. La estación se configuró para registrar cada 10 minutos datos de temperatura ambiente, humedad relativa, presión atmosférica, dirección y velocidad del viento; los datos se descargaron diariamente por conexión wifi y, de igual forma, transmitidos satelitalmente a Colombia con una periodicidad horaria.



Figura 8. Estación meteorológica de fácil despliegue para condiciones antárticas.

Asimismo, se instaló el sensor del nivel del mar RBR (Fig. 9) sobre una base metálica, con un peso de 24 kg, con abrazaderas plásticas, garantizando que permaneciera fijo y sin afectación debido al oleaje o las corrientes en el sector, donde se obtuvieron datos de presión hidrostática y temperatura del agua a una frecuencia de 16 Hz.



Figura 9. Sensor de nivel del mar RBR, instalado en punta Orión, sector de la Base Pedro Vicente Maldonado – Antártica.

Luego se realizó la nivelación de ceros del RBR con respecto al punto geodésico denominado BM Orión, utilizando un GPS Trimble R10, por un periodo de 20 minutos, con un número mínimo de once (11) satélites. Se aplicaron las correcciones del caso para obtener la altura elipsoidal del sensor y la altura relativa al BM Orión.



Figura 10. Levantamiento topométrico de RBR, utilizando un GPS Trimble R10.

El personal de investigadores realizó una descripción de las condiciones locales en cercanías a la base antártica, con una frecuencia de tres (03) horas o cuando se presentaba un evento extremo como los vientos catabáticos; esto resulta relevante para ser utilizado posteriormente en el análisis del residuo de la marea, donde pueden aparecer alteraciones en la señal debido a eventos extremos o factores diferentes a la presión atmosférica.

A partir de los datos de nivel del mar y aplicando el análisis armónico de las constituyentes de marea se eliminará esta señal de la serie de tiempo para obtener el residuo meteorológico. Empleando este último como una variable dependiente, se realizará el ajuste de los datos de presión atmosférica y de viento,

como variables independientes de una regresión, a partir de la cual se determine en qué porcentaje cada una de estas variables meteorológicas pueden explicar la variabilidad del nivel del mar dentro del componente meteorológico.

5.3 Levantamiento hidrográfico con tecnología multihaz en el estrecho de Gerlache

En el cumplimiento de los lineamientos establecidos por el PAC y en consonancia con los compromisos adquiridos en el ámbito internacional, la Dimar ha desplegado esfuerzos a través del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH). En este contexto, el SHN ha liderado la planificación, alistamiento y ejecución de un levantamiento hidrográfico multihaz en aguas profundas, cumpliendo con los estándares para los levantamientos hidrográficos, siguiendo la normatividad vigente de la Organización Hidrográfica Internacional (OHI).

Este levantamiento hidrográfico se enmarca en un acuerdo bilateral con la Oficina Hidrográfica del Reino Unido (UKHO), cuyo propósito es contribuir a la toma de información batimétrica de alta resolución útil para actualizar cartas náuticas internacionales 3207 (Bluff Island to Emma Island) y 3566 (Gerlache Strait – Southern Part). Aportando así información fundamental para el desarrollo del Esquema Cartográfico Antártico, y así brindar seguridad en la navegación a la comunidad que hace parte del Sistema del Tratado Antártico, principalmente para los que constituye una pieza clave en las etapas de desarrollo y exploración científica marina.

Con la Expedición Científica de Colombia a la Antártica, X Expedición “Bicentenario naval” verano austral 2023-2024 Colombia se sumerge activamente en proyectos que repercutirán positivamente a corto, mediano y largo plazo. Este compromiso implica la generación de conocimiento sustantivo, respaldado por la adquisición de nuevas tecnologías implementadas a bordo del BICM ARC “Simón Bolívar” de la Dimar. Este esfuerzo procura consolidar la posición de Colombia como un actor influyente en las futuras decisiones relacionadas con el Continente Antártico, contribuyendo así al avance de la ciencia y a la preservación de este ecosistema.

5.3.1 Objetivos

- Realizar un levantamiento hidrográfico con tecnología multihaz en el estrecho de Gerlache, sobre la península Antártica con el fin de recolectar y procesar

la información para la actualización cartográfica internacional de las cartas náuticas 3207 (Bluff Island to Emma Island) y 3566 (Gerlache Strait – Southern Part), de esta manera se aporta seguridad integral marítima, beneficiando al desarrollo científico del continente.

- Recolectar información hidrográfica, con tecnología multihaz a bordo de BICM ARC “Simón Bolívar” en el estrecho de Gerlache, para la actualización cartográfica internacional de las cartas náuticas 3207 (Bluff Island to Emma Island) y 3566 (Gerlache Strait – Southern Part).
- Generar modelos digitales del terreno, planos, hoja final e informes que permitan generar conocimiento y entendimiento de las condiciones y dinámica hidrográfica del área de estudio.
- Realizar un análisis de los datos de retrodispersión con el fin de identificar los tipos de fondos en el área de estudio sobre el estrecho de Gerlache.

5.3.2. Metodología y recolección de información

El presente proyecto recolectó información hidrográfica que contribuye a la seguridad integral marítima a través de la actualización de cartas náuticas, y fortalece aspectos técnicos para Colombia y los países que hacen parte del TA mediante la experiencia del recurso humano y las tecnologías con las que cuentan los centros de investigaciones científicas marinas de la Dimar. El levantamiento hidrográfico se efectuó en el estrecho de Gerlache con la ecosonda multihaz instalada a bordo del buque ARC “Simón Bolívar”, para el levantamiento en aguas profundas desde los 90 m hasta los 1000 m de profundidad.

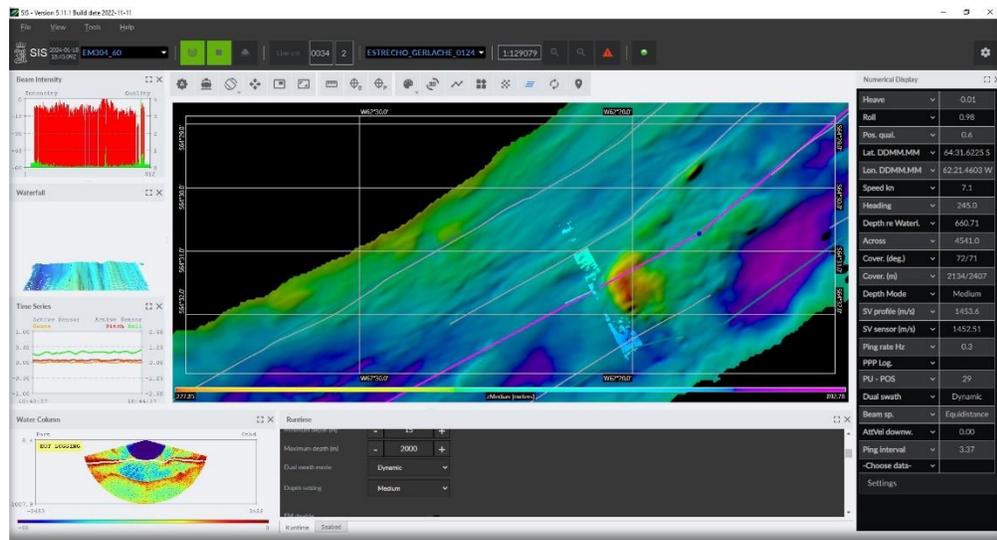


Figura 11. Visualización levantamiento con ecosonda multihaz.

El área levantada en el estrecho de Gerlache fue de aproximadamente 329.75 km², que corresponde a 162 MNL. Se efectuó el levantamiento y documentación de hitos geodésicos con la finalidad de soportar el control vertical y horizontal para el desarrollo del levantamiento y futuros trabajos. Para el levantamiento hidrográfico se utilizó la proyección Transversal Mercator, cuadrícula UTM zona 20 sur meridiano central 67° W, cumpliendo así con los estándares mínimos para los levantamientos hidrográficos en aguas profundas.

5.4 Evaluación de gases de efecto invernadero y contaminantes climáticos, y construcción de modelos de hoja de ruta en innovación y tecnología para el cumplimiento de políticas internacionales en transporte marino

Se busca obtener las líneas base de las emisiones de gases de efecto invernadero de un buque operado con diésel marítimo bajo condiciones de navegación desde el trópico hasta la Antártica, cuantificando la huella de carbono de la Expedición Científica de Colombia a la Antártica, X Expedición “Bicentenario naval” verano austral 2023-2024 a bordo del buque ARC “Simón Bolívar”. De esta forma se construye una línea base de material particulado del ambiente y se definen sus posibles orígenes o procedencias.

Con la evaluación de posibles reformulaciones del combustible marítimo que permitan disminuir los niveles de gases contaminantes, se generará conocimiento sobre la huella de carbono y el aporte de gases efecto invernadero (GEI) a la atmósfera por parte de este tipo de embarcaciones y combustibles que transitan desde Colombia hasta zonas con condiciones completamente diferentes como la

Antártica. De esta forma se descubrirá la composición y procedencia del material particulado a lo largo del recorrido desde Cartagena hasta el Continente Blanco, lo cual permitirá correlacionar las corrientes de vientos y su influencia en cada uno de los lugares medidos.

5.4.1 Objetivos

- La participación de Ecopetrol S.A. en las campañas científicas a bordo de los buques de la Armada de Colombia (ARC) pretende contribuir al entendimiento de los procesos del medio ambiente marino en un alcance nacional e internacional, que permita, además, obtener información de soporte para sus operaciones y eventualmente conlleven a adoptar medidas que apalanquen sus estrategias de transición energética y descarbonización.
- Medir los gases de efecto invernadero (CO₂, COx, NOx, SOx) en las chimeneas del buque asociadas a generadores y propulsores.
- Medir y caracterizar del material particulado del aire, mediante dos principios técnicos diferentes.

5.4.2 Metodología y recolección de información

La investigación se desarrolló a bordo del buque ARC "Simón Bolívar". Durante la Expedición Científica de Colombia a la Antártica, X Expedición "Bicentenario naval" verano austral 2023-2024 se realizó un muestreo de partículas propias de la emisión (exosto) del buque para determinar trazadores moleculares propios de la nave, y un muestreo de partículas ambientales (no-exosto) para identificar efectos locales sobre la embarcación y definir los perfiles de partículas en el ambiente oceánico durante el recorrido desde Colombia hasta la Antártica. Lo anterior fue clave para determinar partículas con potencial para generar conocimiento de alta relevancia en contaminantes climáticos transnacionales y sus posibles fuentes de emisión.



Figura 12. Recolección de información desde la salida de gases maquinaria principal del buque ARC “Simón Bolívar”.

La información recogida durante la campaña de investigación descrita será utilizada para la construcción de un modelo de datos, sobre el cual se desarrollarán distintos modelos específicos de toma de decisión: (i) Determinación de escenarios de línea base de emisiones de gases de efecto invernadero; (ii) Correlación de condiciones operativas, eficiencia energética y emisiones atmosféricas; (iii) Proyección de mapas de abatimiento de carbono y valoración de costo-eficiencia de acciones de descarbonización bajo escenarios 2030, 2040 y 2050, en cumplimiento de acuerdos internacionales; (iv) Entendimiento de trazadores moleculares relativos a operaciones marítimas y contaminantes climáticos de fondo.

5.5 Modelización de ecosistemas antárticos usando IBM y técnicas de *machine learning*

Una estrategia de modelización matemática con grandes posibilidades es la basada en el individuo o la modelización basada en agentes: *individual-based model* (IBM) o *Agent-based Model* (ABM). Este proyecto consolidará la aplicación de la modelización de sistemas complejos junto con técnicas de *machine learning* y *remote sensing* para estudiar la dinámica de los ecosistemas antárticos. Basado en las condiciones océano-atmosféricas, se aplicará especial énfasis a los flujos de los gases de efecto invernadero: metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), como representantes y principales responsables del calentamiento global.

5.5.1 Objetivos

- Desarrollar un IBM a escala macroscópica para estudiar el ecosistema antártico en relación con los flujos de gases de efecto invernadero (zona de influencia de la estación científica).

- Estudiar las propiedades emergentes generales de los sistemas antárticos en relación con el efecto de los principales individuos (animales) su heterogeneidad y diversidad, las interacciones entre ellos y el medio local, su complejidad biológica y espacial.
- Describir en términos de variables macroscópicas dinámicas y temporales, los individuos (animales) que forman parte del ecosistema antártico de estudio, sus recursos y su disponibilidad con relación a los flujos de los gases de efecto invernadero.

5.5.2 Metodología y recolección de información

Para crear el modelo basado en el individuo del ecosistema antártico (IBMA), es necesario obtener datos experimentales, en diversas campañas científicas antárticas, de los gases de efecto invernadero, concentraciones de nutrientes y DNA ambiental, datos que toman relevancia luego de realizar y registrar datos en las visitas exploratorias a la Antártica. De manera paralela, se obtienen datos de satélite (Sentinel V), se los relaciona con los datos experimentales y esta relación matemática (superficie de respuesta) pasa a convertirse en una de las fuentes de datos para el IBMA, la cual se evalúa y se contrasta en función de los datos experimentales del proyecto en sus diferentes campañas y/o datos de proyectos afines. Con todo este banco de datos se van diseñando diversas reglas de comportamiento que permiten crear y explorar patrones de relación. Una vez el modelo ha sido creado, parametrizado, calibrado y que sus resultados representen al ecosistema antártico de interés se pasará a la fase de pruebas y entrenamiento del modelo.

Para el levantamiento de información se tomaron muestras en suelo y agua marina, con parámetros auxiliares como fotografías, coordenadas del punto, fecha y hora, y descripción general de las condiciones océano-atmosféricas. Los parámetros principales analizados a 10 m se obtuvieron de al menos 1.5 litros de muestra de agua marina en cada punto.



Figura 13. Análisis de muestras tomadas en campo.

Una vez cumplidas las etapas de recolección de muestras, traslado a continente a los diferentes laboratorios, que las mismas se hayan analizado según el cronograma y disponibilidad de recursos de los laboratorios asociados, que los datos lleguen a control del equipo de investigación del proyecto CIDi22023, junto con el equipo se desarrollarán (decidirán) los algoritmos estadísticos y matemáticos para analizarlos, y que los mismos contribuyan a la escritura del reporte científico Q1 que se escribirá y alimenten la parte dinámica y heurística del IBM a codificar.

5.6. Abundancia y caracterización fisicoquímica de los microplásticos presentes en las aguas superficiales del estrecho de Gerlache durante el verano austral 2023-2024

Los microplásticos son fragmentos < 5 mm con diversas formas, colores y polímeros sintéticos que, por sus características físicas, uso y versatilidad, han llevado a incrementar su producción en las últimas décadas. Se originan a partir de diversas fuentes, debido a esto se catalogan como primarios a aquellos que son fabricados con estas medidas (< 5 mm), como son las microperlas de los cosméticos, dentífricos o los agentes de limpieza; mientras que los secundarios resultan de la degradación química, física o microbial de plásticos de mayor tamaño como bolsas o tuberías. La mayoría presente en los sistemas acuáticos son fibras de origen secundario. Parte fundamental de su problemática en el ámbito mundial es su tamaño y flotabilidad, ya que esto hace que sea difícil removerlos en las plantas de tratamiento residual (PTAR), además que facilitan la dispersión a través del agua y el viento, y permiten que puedan transportarse a grandes distancias de su lugar de origen; siendo omnipresentes en ecosistemas marinos, aguas superficiales, sedimentos profundos o en el tracto digestivo de animales donde

ocasionan daños físicos, bloqueos gástricos, abrasiones intestinales y daños en la producción enzimática, lo que afecta su crecimiento, reproducción e ingestión.

Las partículas pueden permanecer en el océano por largos periodos de tiempo, facilitando la adsorción de contaminantes orgánicos o metales presentes en el agua de mar, los cuales pueden generar problemas toxicológicos, ya que se fabrican con aditivos químicos como el bisfenol, bifenilos policlorados o hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), que son dañinos y se pueden bioacumular en la red trófica.

La ubicación y configuración del continente antártico permite que confluyan las cuencas de los tres océanos mayores del planeta, concentrando sus problemáticas ambientales. Para la península Antártica Occidental la presencia de zonas turísticas y bases de investigación científica aportan partículas plásticas de origen primario y secundario, haciendo imperativo realizar estudios que den respuesta sobre su cantidad y composición química, esta última relacionada con la toxicidad y riesgo al medio marino.

Por lo anterior, durante el verano austral 2023-2024 se realizó la recolección de muestras mediante arrastres horizontales superficiales de 30 min de duración, empleando una red manta de 250 μm de poro de malla. El material concentrado en el colector se almacenó y preservó con alcohol al 70 % para ser transportado a los laboratorios en Santa Marta de la Fundación Universidad de Bogotá “Jorge Tadeo Lozano” (UJTL), donde se efectuarán los análisis que consisten en determinar la abundancia bajo observación en equipos ópticos, mientras que la identificación de la naturaleza química de los polímeros se abordará bajo la técnica de espectroscopía FTIR. Los resultados se darán a conocer mediante revistas de divulgación científica fortaleciendo la capacidad científica de Colombia, formando investigadores interesados en la contaminación antropogénica y su influencia en el continente antártico.

5.6.1 Objetivos

- Establecer la abundancia, variación espacial y composición química de los microplásticos asociados a aguas superficiales en el estrecho de Gerlache, con el fin de tener una línea base de conocimiento científico sobre contaminación por este tipo de material en la península Antártica Occidental.

5.6.2 Metodología y recolección de información

Durante enero de 2024, a bordo del ARC “Simón Bolívar”, se recolectaron muestras de agua en 24 estaciones mediante arrastres superficiales con una duración aproximada de 15 min cada uno, a una velocidad de 3 nudos empleando una red manta de 250 μm de poro de malla, 2.5 m de largo y boca rectangular de 111 cm x 38 cm. A la red se acopló un medidor de flujo previamente calibrado, con el fin de determinar la distancia recorrida y así calcular el volumen de agua filtrada en cada arrastre (Fig.14).

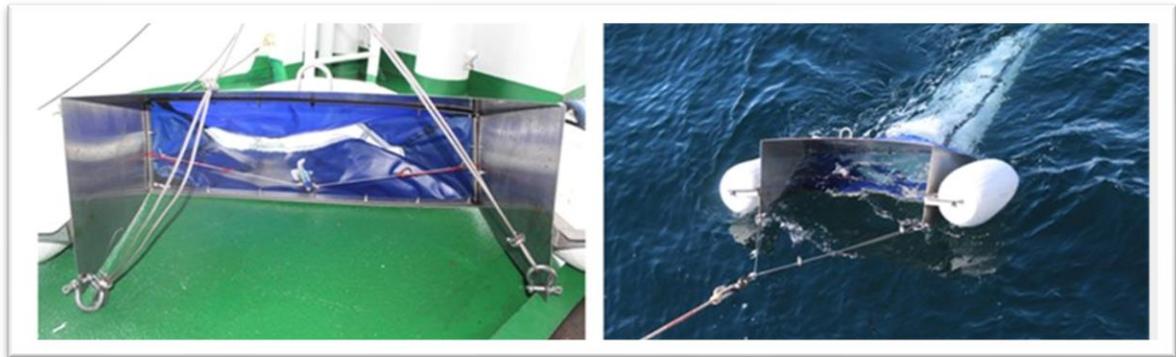


Figura 14. Recolección de muestras, flujómetro acoplado y arrastre superficial con red manta.

Una vez finalizado el arrastre la red fue izada a la cubierta de la embarcación, donde se procedió a lavar los paños de esta con agua de mar filtrada para depositar el material en el copo colector. A nivel de laboratorio la muestra fue concentrada en un tamiz metálico para ser depositada en recipientes plásticos a los que se les adicionó formol como solución conservante, para de esta manera ser trasladadas a la sede de la UJTL donde se realizará el proceso de cuantificación y caracterización química de los potenciales microplásticos encontrados (Fig. 15).



Figura 15. Almacenaje de muestra, adición de formol en recipiente.

5.7 Evaluación de patrones de ocurrencia de mamíferos marinos y niveles de sonido ambiental oceánico

El océano Austral sostiene un ecosistema único con una basta cantidad de especies endémicas, es hogar de cerca del 20 % de las especies de mamíferos marinos del planeta. Debido a su lejanía y clima extremo, la Antártica permanece mayoritariamente inhabitada e inexplorada. La creciente huella humana en el área, especialmente en la cambiante península Antártica, genera preocupación acerca de potenciales impactos negativos sobre las poblaciones de mamíferos marinos. Un monitoreo a largo plazo en el océano Austral es desafiante debido al acceso tan limitado al área, el clima extremo, las condiciones de luz y los elevados costos. Por lo tanto, es de esperarse que la cobertura de observaciones de mamíferos marinos en espacio y tiempo este fragmentada, y que esto obstaculice el desarrollo de planes de manejo eficientes.

El monitoreo acústico pasivo (PAM, por sus siglas en inglés) se sobrepone a algunos de estos retos. Las unidades de grabación pueden ser localizadas en posiciones de interés para monitorear el paisaje acústico, desde meses hasta años continuamente, independientemente de las condiciones climáticas y de luz. Este proyecto aborda para el 2024 los vacíos existentes en el conocimiento del paisaje acústico del océano Austral, dándole continuidad al esfuerzo PAM iniciado en febrero del 2023.

5.7.1 Objetivos

- Establecer un monitoreo acústico pasivo para evaluar ocurrencia de mamíferos marinos y ruido ambiental en la península Antártica.
- Depositar y reemplazar unidades de grabación autónomas en diferentes localidades del océano Austral, obteniendo registros acústicos de mamíferos marinos en diferentes localidades del océano Austral.
- Identificar fuentes sonoras biológicas, naturales y antropogénicas presentes en la región, y fuentes de ruido y amenazas acústicas para los mamíferos marinos antárticos.
- Comparar el paisaje acústico actual con registros históricos en el área del océano Austral.

5.7.2 Metodología y recolección de información

Instalación, recuperación y recambio de tres unidades de grabación autónoma submarinas, *soundtrap*, una en el pasaje del Drake y otras dos en el estrecho de Bransfield, con el fin de monitorear los patrones de ocurrencia de los mamíferos marinos y evaluar los niveles de sonido ambiental en esas áreas.



Figura 16. Instalación de hidrófono en la Antártica.

5.8 Estudio de riesgos asociado a operaciones marítimas en territorio antártico

El desarrollo de operaciones marítimas en la antártica es fundamental para el conocimiento mismo de su territorio, la investigación científica aplicada y la cooperación internacional. Es por ello por lo que la operación de una embarcación con diferentes capacidades asociadas tales como botes y helicóptero se hace fundamental desde el concepto mismo de la seguridad integral. La Organización Marítima Internacional (OMI) generó el Código Internacional para los Buques que Operan en Aguas Polares y reconoce el factor diferencial que refiere la navegación en estos ambientes. Mediante la caracterización de diferentes peligros abordado de una embarcación que opera en aguas antárticas se identifican los potenciales riesgos y la gestión de estos. Así, mediante la generación de un manual específico de navegación en aguas polares para el ARC “Simón Bolívar” se podrán gestionar diferentes riesgos en el desarrollo de operaciones aeronavales de superficie, investigación y cooperación, permitiendo mayor seguridad y afianzamiento operacional en futuras expediciones.



Figura 17. Toma de datos en territorio antártico.

5.8.1 Objetivos

- Realizar análisis de riesgos de los diferentes procedimientos operacionales de la X Expedición científica de Colombia a la Antártica a bordo del buque ARC “Simón Bolívar”.
- Caracterizar los peligros físicos, psicosociales, de seguridad y por fenómenos naturales, asociados a la operación del ARC “Simón Bolívar” en aguas antárticas.
- Identificación de probabilidad de ocurrencia de diferentes riesgos en las actividades operacionales del ARC “Simón Bolívar” en el territorio antártico.
- Proponer un Manual de Operación en Aguas Polares (PWOM, por sus siglas en inglés) que permita la gestión de riesgos asociados a las operaciones del ARC “Simón Bolívar” en territorio antártico.

5.8.2 Metodología y recolección de información

La investigación se adelantó mediante la metodología de tipo cualitativo-analítica, bajo un proceso de recopilación de datos *in situ* a bordo del ARC “Simón Bolívar”, los cuales una vez analizados se compararán. El proceso de investigación se dividió en tres fases así:

FASE 1 – Identificación de peligros: este proceso se realizó partiendo de cada uno de los procesos operativos que cumple el ARC “Simón Bolívar” y se clasificaron

teniendo en cuenta su origen físico, psicosocial, de seguridad o por fenómenos naturales.

FASE 2 – Análisis de contexto: mediante el análisis del contexto holístico de las operaciones marítimas del ARC “Simón Bolívar” se realizaron mediciones de matrices aplicadas a cada potencial peligro, la identificación y caracterización de riesgos asociados.

FASE 3 – Propuesta de Manual de Operaciones Antárticas: como resultado de un proceso de identificación de peligros y caracterización de riesgos asociados y materiales de cada peligro en torno a las actividades operacionales del ARC “Simón Bolívar” en aguas antárticas, se realizará la propuesta de un modelo de Manual de Operaciones Antártico que buscará mitigar los riesgos identificados que aporte a la seguridad en este tipo de operaciones.

5.9 Programa de Investigación en Mamíferos Marinos Antárticos (Pimma)

Con ocasión del Crucero de investigación científica marina de Colombia a la Antártica se dio continuidad a los estudios enmarcados dentro del Programa de Investigación en Mamíferos Marinos Antárticos (Pimma), iniciados de forma casi ininterrumpida desde el primer crucero I “Expedición Caldas”, verano austral 2014-2015, y presente en nueve de las diez expediciones científicas realizadas a la fecha, a bordo de buques nacionales y extranjeros; estos últimos en el marco de la cooperación internacional, específicamente con el Programa Antártico Italiano (*Programma Nazionale di Reserche in Antartide* – PNRA). El Pimma se ha convertido en uno de los proyectos insignias del PAC, aportando importantes resultados y productos al país entorno al interés del Estado colombiano de ser miembros consultivos del TA.

A partir de los resultados de las expediciones pasadas, se da continuidad al Pimma planteado a largo plazo y su capacidad adaptativa ante los impactos de los diferentes factores de estrés, tanto ambientales como antrópicos, que afectan sus poblaciones y comportamiento, y en consecuencia pueden afectar la relación con la actividad turística que se realiza en torno a los mamíferos marinos y a los pobladores y la gente de mar del Pacífico colombiano, que obtienen una valiosa oportunidad de ingresos económicos provenientes de las actividades relacionadas con el ecoturismo y, particularmente, con el avistamiento de ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*).

Para la presente expedición se realizó el esfuerzo de observación de mamíferos marinos desde Punta Arenas, Chile - área de investigación en Antártica – a bordo y gracias al buque y la tripulación del ARC “Simón Bolívar” y al PAC. Con la finalidad de coleccionar la información pertinente sobre su ocurrencia en territorio antártico, su relación con las variables que mejor explican su distribución y el registro fotográfico de las aletas caudales de ballenas jorobadas como patrón de foto identificación para cotejarlo con los catálogos internacionales y del Pacífico colombiano; esto para detectar reencuentros en ambas áreas y obtener información sobre su distribución y patrones de migración. Aunado a ello se coleccionaron muestras de piel y grasa de estos cetáceos y pinnípedos (elefantes marinos del sur - *Mirounga leonina*) y foca leopardo (*Hidurga leptonix*) para confirmar a través de genética su asignamiento poblacional, y estudios de ecotoxicología para detectar niveles de mercurio presentes, procesos de bioacumulación y biomagnificación de este contaminante en estos mamíferos marinos antárticos.

5.9.1 Objetivos

- Conocer en el corto, mediano y largo plazo la distribución y ecología de las especies de mamíferos marinos y su capacidad adaptativa ante eventos naturales y antrópicos, con miras a establecer y coordinar medidas de manejo y conservación a nivel local, nacional y regional.
- Investigar la estructura poblacional de especies seleccionadas de mamíferos marinos, estableciendo su conectividad entre la región tropical y la Antártica.
- Realizar el esfuerzo de observación de mamíferos marinos en las trayectorias establecidas hacia Antártica, realizar el respectivo asignamiento poblacional, estudio de bioacumulación de mercurio como bioindicadores de la salud del océano y del ecosistema antártico.
- Contribuir como país a los esfuerzos realizados por la Comisión Ballenera Internacional e instancias de cooperación regional, para proponer medidas de manejo y uso sostenible de estas especies a través del turismo responsable, especialmente en la región antártica.

5.9.2 Metodología y recolección de información

Observadores de mamíferos marinos a bordo del buque ARC “Simón Bolívar” se ubicaron desde el puente y exteriores de este, a vista desnuda y con ayuda de

prismáticos 7 X 50. Se procedió con el diligenciamiento de formatos de esfuerzo de observación y avistamientos con información pertinente y toma de registros fotográficos para corroborar la identificación de las especies avistadas. Posterior a la toma de los respectivos registros fotográficos, al final de cada jornada se procedió a visualizar y seleccionar las fotos idóneas para identificar y corroborar las características diagnósticas y morfológicas externas para la identificación de las especies avistadas. Los registros de las aletas caudales de ballenas jorobadas son útiles para el catálogo de foto identificación de cetáceos y su posterior comparación con los catálogos internacionales, de expediciones pasadas del país a la Antártica y de los catálogos disponibles del Pacífico colombiano, con el fin de detectar reencuentros y avistamientos en ambas áreas de investigación (Pacífico colombiano y la Antártica). Hubo lugar para la colecta de muestras a través del sistema de biopsias remotas con rifle veterinario de aire comprimido PAXARMS y dardos modificados (Fig. 18).

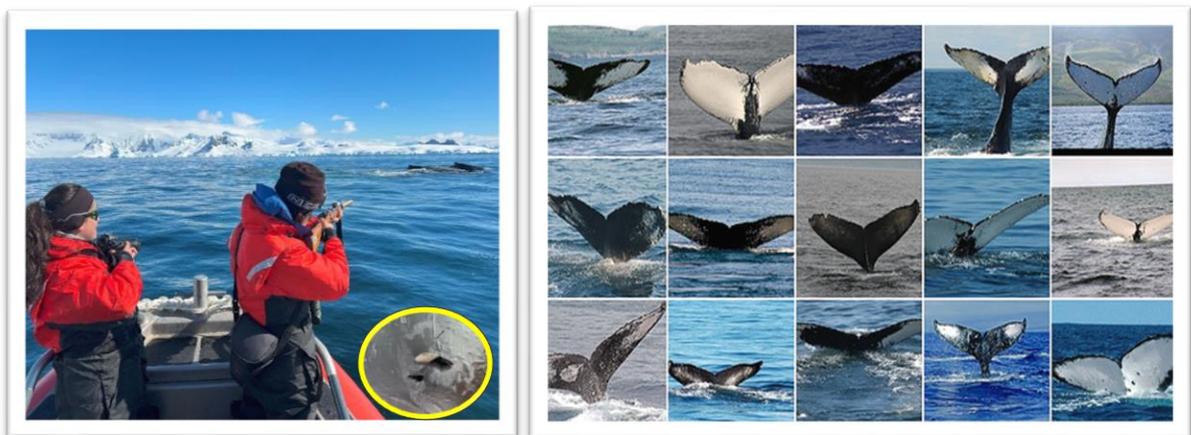


Figura 18. Recolección de muestras en mamíferos marinos.

Cabe mencionar que esta metodología ha sido ampliamente utilizada y estandarizada a nivel internacional por programas antárticos de otros países, en los cuales se ha comprobado que no infringe daño los animales y brinda información muy útil e importante para conocer los niveles de bioacumulación y biomagnificación presentes en ellos, niveles de tolerancia y detoxificación, así como su asignamiento poblacional a través de estudios de genética. Además, cuenta con el respectivo concepto de aprobación otorgado por el Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio (Cicual) para el Procedimiento Operativo Estandarizado (POE).

5.10 Medición e identificación de fuentes de hidrocarburos poliaromáticos en las islas Shetland del Sur

La península Antártica, específicamente las islas Shetland del Sur, es un entorno prístino que ha estado relativamente intacto por las actividades humanas. Sin embargo, estudios recientes han demostrado la presencia de hidrocarburos poliaromáticos (HAP), un grupo de compuestos orgánicos conocidos por su potencial toxicidad y persistencia en el medio ambiente. Comprender la distribución, las fuentes y los impactos potenciales de los HAP en esta región es crucial para preservar su integridad ecológica.

Este proyecto proporcionará datos valiosos sobre los niveles de HAP y su origen en las islas Shetland del Sur, contribuyendo a la base de datos mundial sobre la distribución de HAP. En segundo lugar, al identificar las fuentes de HAP, el estudio puede informar estrategias para gestionar y mitigar la contaminación por HAP en la región. Finalmente, se espera mejorar la comprensión del transporte y el destino de los HAP en ambientes polares, lo cual es crucial para predecir los impactos potenciales de estos compuestos en los ecosistemas polares.

Se espera que este estudio haga contribuciones significativas al campo de las ciencias ambientales, particularmente en el contexto de la contaminación por HAP en las regiones polares. Los hallazgos podrían informar estrategias y políticas de gestión ambiental destinadas a preservar la integridad ecológica de la península Antártica.

5.10.1 Objetivos

- Medir la concentración de HAP en suelos y sedimentos de las islas Shetland del Sur.
- Identificar las fuentes potenciales de HAP mediante ratios de diagnóstico y cromatografía líquida de alta resolución (HPLC, por sus siglas en inglés).
- Comprender el transporte y destino de los HAP en el medio antártico.

5.10.2 Metodología y recolección de información

Se empleó una estrategia de muestreo aleatorio estratificado para seleccionar sitios de muestreo en las islas Shetland del Sur y posibles sitios de

desembarco en la ruta del buque. Se recolectaron muestras de suelo y sedimento. En cada estación de muestreo se recogieron alrededor de 200 gramos de muestras.

Sitios de muestreo:

S1 – 62°26.8749’S 059°44.5972’ W Vial de vidrio de 200 ml
S2 – 62°12.0411’S 058°57.5812’ W Vial de vidrio de 200 ml
S3 – 64°49.4283’S 062°51.5045’ W Vial de vidrio de 200 ml
S4 – 64°46.4472’S 064°02.9956’ W Vial de vidrio de 200 ml
S5 – 62°58.5979’S 060°40.6476’ W Vial de vidrio de 200 ml

Extracción y limpieza de muestras: los HAP se extrajeron de las muestras utilizando un disolvente adecuado, seguido de un proceso de limpieza para eliminar interferencias no deseadas. Luego los extractos se concentraron para su posterior análisis.

Análisis de HAP: los extractos concentrados se analizarán mediante HPLC en los laboratorios de la Universidad Técnica de Estambul. Esta es una poderosa técnica para separar, identificar y cuantificar cada compuesto de HAP en la mezcla.

Identificación de fuentes: las fuentes de HAP se identificarán mediante índices de diagnóstico que implican comparar las concentraciones de compuestos de HAP específicos. Estas proporciones pueden proporcionar información sobre las posibles fuentes de HAP (e.g.: pirogénicos o petrogénicos).



Figura 19. Toma de datos en el sitio de muestreo.

5.11 Observación de mamíferos marinos antárticos

La región antártica es el hogar de una amplia gama de mamíferos marinos, muchos de los cuales están adaptados de manera única para sobrevivir en sus duras condiciones. La ARC ha participado activamente en expediciones científicas a la Antártica proporcionando apoyo logístico, operativo y científico.

Estos mamíferos marinos juegan un papel importante en el ecosistema antártico. Por ejemplo, se sabe que las focas y las ballenas influyen en el ciclo de nutrientes en la región. Comprender su comportamiento y distribución puede proporcionar información sobre la salud general del ecosistema antártico. Los datos recopilados contribuyen a la comprensión de los impactos de las actividades humanas en estas especies. En este orden de ideas, ayudan a evaluar el impacto de las actividades de pesca en las fuentes de alimentos de estos mamíferos. Esto puede informar las prácticas de pesca sostenible, asegurando la supervivencia a largo plazo de estas especies.

Finalmente, los hallazgos de esta Expedición contribuirán al campo de la biología marina, mejorando el conocimiento de estas criaturas y el entorno extremo

que habitan. Esto inspirará más investigación y exploración, impulsando el descubrimiento científico e innovación.

5.11.1 Objetivos

Observar y estudiar el comportamiento, distribución y mecanismos de adaptación de diversas especies de mamíferos marinos antárticos. Los datos recopilados contribuirán a la comprensión de estas especies y su respuesta a los cambios ambientales.

5.11.2 Metodología y recolección de información

Las observaciones se realizaron durante las horas del día, bajo visibilidad óptima. Un observador de mamíferos marinos (MMO) a bordo realizó inspecciones visuales utilizando binoculares o telescopios (grabación de mamíferos marinos SOP074).

El MMO utilizó un dispositivo GPS o telémetro portátil, o montado en una embarcación para verificar la distancia de monitoreo requerida desde el sitio del proyecto. El MMO también registró la especie, fecha y hora de los avistamientos de mamíferos marinos, así como su comportamiento.

Las siguientes especies fueron el foco principal de observación del proyecto:

- Ballenas: las especies notables incluyen la orca, la ballena jorobada, la ballena azul y el cachalote.
- Delfines: especies como el delfín reloj de arena y otros que habitan en aguas antárticas.
- Marsopas: se sabe que la marsopa de anteojos habita en aguas antárticas.
- Lobo marino antártico (*Arctocephalus gazella*): estas focas se reproducen en islas subantárticas y se alimentan en el borde del continente.
- Elefante marino del sur (*Mirounga leonina*): el carnívoro más grande; estas focas también se reproducen en islas subantárticas.
- Foca leopardo (*Hydrurga leptonyx*): se sabe que se alimenta de animales de sangre caliente.
- Foca de Weddell (*Leptonychotes weddellii*): estas focas se reproducen en el hielo o en el hielo fijo de la costa.
- Foca cangrejera (*Lobodon carcinophaga*): a pesar de su nombre, se alimenta principalmente de krill.

- Foca de Ross (*Ommatophoca rossii*): la menos común de las focas antárticas.



Figura 20. Observación de mamíferos marinos.

5.12 Influencia de forzamientos de bajas y altas latitudes en el agua circumpolar profunda (CDW) y su efecto tanto en el ambiente antártico como tropical.

El ecosistema marino antártico es único e influencia la distribución de nutrientes y la producción dinámica global a través de los océanos (Sarmiento, 2007), adicionalmente tiene un importante papel en el secuestro del CO₂ atmosférico hacia zonas más profundas del océano, lo que hace que esta zona influya en el futuro de las concentraciones de carbono a nivel atmosférico. Tanto las características ambientales, como el sistema de circulación regional y los cambios estacionales en el régimen de cobertura del hielo se han utilizado para determinar la variación latitudinal en la productividad del fitoplancton al oeste de la península Antártica (AP, por sus siglas en inglés) (Garibotti, 2003).

A nivel atmosférico, la respuesta de las altas latitudes al fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) y la variabilidad del Modo Anular del Hemisferio Sur (SAM) son particularmente relevantes para la investigación de cualquier cambio en la formación del hielo marino durante el otoño-invierno y su derretimiento en la primavera-verano (Stammerjohn, 2008). Se ha observado una correlación positiva de la retracción del hielo marino con el SAM a lo largo del verano-otoño austral (Marshall, 2003), mientras que la influencia del ENOS en la atmósfera de alta latitud se ha detectado más en la primavera-verano (Fogt, 2006). Por otro lado, la relación ENSO-SAM con los aportes de las aguas profundas circumpolares (CDW, por sus siglas en inglés) a la AP es poco conocida, incluyendo el efecto que esto tiene sobre la circulación profunda del Pacífico, incluso en las zonas tropicales del Pacífico Oriental; pero (Rignot, 2019) encontró que la pérdida de masa glacial en las últimas

cuatro décadas en la Antártica se concentró en las zonas más cercanas a las aguas cálidas, saladas y subsuperficiales, pertenecientes a la CDW. Específicamente para la AP se ha propuesto que bajo escenarios de cambio climático (1.5°C) la turbulencia oceánica podría aumentar, haciendo que las CDW sean más cálidas y menos profundas, llevando calor a la superficie del mar y a los márgenes costeros, lo que incrementaría la pérdida de glaciares (Siegert, 2019).

Con esta investigación se busca entender la variabilidad de largo plazo en la entrada de CDW al estrecho de Gerlache, asociada a eventos de bajas y altas latitudes, y su influencia tanto en el ambiente Antártico como en el tropical. El desarrollo de este proyecto en particular se abordará desde la colecta de datos *in situ*, siguiendo una red de estaciones establecidas con anterioridad. Asimismo, se procesará información satelital de viento, circulación, temperatura y clorofila-a, además se coleccionarán núcleos de sedimentos para la reconstrucción paleoclimática. Finalmente, se espera determinar la influencia del SAM y el ENSO tanto en el ambiente antártico como en el tropical, generando información científica que contribuya al entendimiento de las teleconexiones entre estos sistemas, así como con la meta del país de hacerse miembro consultivo del TA.

5.12.1 Objetivos

- Entender la variabilidad de largo plazo en la entrada de CDW al estrecho de Gerlache, asociada a eventos de bajas y altas latitudes, y su influencia tanto en el ambiente antártico como en el tropical.
- Analizar las interacciones entre los forzamientos de variabilidad climática (bajas y altas latitudes) que afectan la Antártica.
- Estudiar el impacto del ENSO y SAM sobre el clima (vientos), oceanografía y ecosistema del estrecho de Gerlache.
- Investigar la respuesta de las zonas tropicales a los cambios en las condiciones ambientales de la península Antártica.

5.12.2 Metodología y recolección de información

El desarrollo de este proyecto de investigación consta de tres componentes: el análisis de variables tomadas *in situ*, de información satelital y el componente paleoceanográfico/paleoclimático.

En el análisis de variables tomadas *in situ* se revisó la información oceanográfica obtenida hasta el momento en el estrecho de Gerlache, incluidas las campañas de Colombia, desde la I Expedición de Colombia en 2015, hasta la campaña oceanográfica en el verano austral 2023-2024, usando la misma malla de estaciones. Dentro de este trabajo de campo se realizaron lances de CTDO con un sensor de fluorescencia acoplado, se tomaron muestras de agua por medio de una roseta para estimar la concentración de nutrientes y clorofila-a, teniendo en cuenta que la concentración de este parámetro en una muestra de agua permite la estimación de la concentración de fitoplancton e indirectamente de la actividad biológica (Carter, 1999).

Se estimó además la presión parcial de CO₂ (pCO₂) y el pH, usando un equipo Pro-Oceanus y un potenciómetro. Adicionalmente, se hicieron mediciones meteorológicas, especialmente dirección y magnitud del viento; análisis de información satelital con el objetivo de caracterizar el campo de vientos y la temperatura superficial en el sector marino; se utilizaron datos del sensor Windsat que es un radiómetro desarrollado por la división sensores remotos del laboratorio de investigación naval y el centro naval de tecnologías espaciales de la Marina de Estados Unidos (Geiser, 2004). Windsat está diseñado para demostrar las capacidades polarimétricas de la radiometría de microondas, con el fin de medir los vectores de viento sobre la superficie del océano. Se descargaron datos desde febrero de 2003 hasta el reciente, con una resolución espacial de 25 km (Geiser, 2004)

A través del uso de los datos del proyecto de Reanálisis climático desarrollado por el National Center for Environmental Prediction (NCEP)/National Center for Atmospheric Research (NCAR), con la colaboración de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), se analizaron los datos de los campos de presión sobre el nivel del mar en un punto adyacente a la zona de estudio (estrecho de Gerlache) y en tres puntos a lo largo del Pacífico Oriental, hasta llegar a Colombia. Estos datos cuentan con una resolución temporal diaria y una resolución espacial de 2.5° (Messinger, 2006).

Teniendo en cuenta que el fitoplancton es un indicador de la productividad de la zona y se puede identificar a través de sensoriamiento remoto y que la clorofila-a, que es un indicador de la biomasa del plancton, se utiliza como un parámetro de entrada en los modelos de producción primaria y para el rastreo de corrientes, chorros y plumas oceanográficas.



Figura 21. Recolección de muestras en la columna de agua.

La teledetección del color del océano produce información sobre los constituyentes del agua del mar tales como la concentración de los pigmentos del fitoplancton, los sedimentos suspendidos y la sustancia amarilla, también conocida como materia orgánica disuelta coloreada (CDOM, por sus siglas en inglés) (Robinson, 1983). (Gordon H. a., 1983). (Gordon H. O., 1988). De acuerdo con lo anterior se estimó clorofila-a de la superficie del mar del estrecho de Gerlache mediante la teledetección por satélite en el rango espectral en las bandas 412, 443 y 555, y del producto de clorofila-a de la misión MODIS, que tienen periodicidad diaria y 4 km de resolución espacial. Análisis paleoceanográfico y paleoclimático colectando núcleos de sedimentos tanto en el estrecho de Gerlache en dos puntos frente a la costa Pacífica, con el fin de reconstruir las condiciones oceanográficas y climáticas de por los menos los últimos 2000 años, en especial cambios en la llegada de CDW a la AP y su efecto sobre la circulación profunda del Pacífico Oriental. Para esto se usaron trazadores geoquímicos y micropaleontológicos. De igual manera, se hará el análisis de información disponible de otros registros sedimentarios cercanos a las áreas de interés.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La ARC y la Dimar contribuyeron de manera significativa al PAC, brindando los medios necesarios para realizar la Expedición Científica de Colombia a la Antártica, X Expedición “Bicentenario naval” verano austral 2023-2024 con el ARC “Simón Bolívar”, en la cual se desarrollaron a bordo doce (12) proyectos de investigación de diferentes áreas de la ciencia, con la participación de 19 científicos colombianos y extranjeros.

Con la puesta al servicio del ARC “Simón Bolívar” quedó demostrado que la nación cuenta con una plataforma de investigación científica marina con capacidades extraordinarias para realizar cruceros en aguas nacionales, tanto del Caribe como de la cuenca del Pacífico, así como en áreas con condiciones adversas como las encontradas en el territorio antártico.

Se realizaron 26 estaciones oceanográficas con la data en toda la columna de agua, con parámetros físicos y químicos, así como la recolección de muestras desde la superficie hasta el fondo marino en los estrechos de Bransfield y Gerlache, territorio antártico. Asimismo, se obtuvieron datos en nueve (09) puntos durante el desplazamiento desde Colombia hasta la península Antártica, los cuales una vez estén procesados se dispondrán para consulta de la comunidad científica nacional e internacional.

Se llevó a cabo el levantamiento hidrográfico en un área de 500 km² para actualizar cartas internacionales de navegación en el estrecho de Gerlache, así mismo se recolectó y procesó información batimétrica con tecnología multihaz en cercanías de isla Dos Mogotes, área de la cual no se tenía información anterior, con lo cual se aporta de manera significativa a la seguridad marítima mundial, en apoyo a todas las naves que transitan por estas aguas.

En cooperación con el Inocar, a bordo de la Estación Pedro Vicente Maldonado, ubicada en la isla Greenwich, se desarrolló durante 23 días la toma de datos meteorológicos y mareográficos para determinar la influencia de la presión atmosférica, la dirección y la velocidad del viento en la variación del nivel del mar.

Los investigadores que se embarcaron a bordo encontraron todas las facilidades técnicas y requerimientos necesarios para la toma de datos con el mayor

rigor de calidad, con tiempos de exposición a condiciones meteorológicas adversas muy inferiores en comparación con cruceros anteriores.

El ARC “Simón Bolívar” cuenta con capacidades para realizar investigación en toda la columna de agua en parámetros físicos, químicos, biológicos hasta profundidades de hasta 5000 m, así como estudios de levantamiento de la plataforma del suelo marino con sus sensores hidrográficos y en un caso determinado pueden ser instalados equipos para realizar estudios en el subsuelo mediante la recolección de muestras para ser analizadas a bordo. Asimismo, gracias a sus capacidades en materia de espacios disponibles para transporte de carga, puede desarrollar labores de aprovisionamiento a bases en tierra o soporte a otras embarcaciones en el área.

En sus camarotes pueden transportarse más de 100 personas, número significativo si se considera que la tripulación para esta expedición fue de 55 hombres y mujeres, con lo cual el excedente puede ser distribuido como determine la coordinación del crucero, entre personal científico y de otras especialidades.

Una vez los diferentes institutos educativos y de investigación que hicieron parte de este crucero científico entreguen los resultados obtenidos con la data recolectada en el territorio antártico, se podrán entregar aportes para la toma de decisiones en materia de cambio climático, oceanografía, contaminación marina, meteorología, riesgos en operaciones navales, entre otros, los cuales contribuirán tanto a la nación como a la investigación internacional.

Colombia se posiciona una vez más con la realización de este crucero de investigación científica en la Antártica en el grupo de países que cuentan con la capacidad de realizar ciencia a este nivel, y que dentro de su horizonte contemplan a esta parte del mundo como un área determinante para el desarrollo de los sistemas bióticos del planeta.

Con la realización de esta Expedición científica de Colombia a la Antártica, X Expedición “Bicentenario Naval” verano austral 2023-2024, el Estado continúa surcando el camino trazado para convertirse en miembro consultivo del Sistema del TA.

Con el fin de mejorar los procesos y de mantener el éxito en la realización de proyectos de investigación para futuros cruceros se sugiere contemplar los siguientes aspectos:

- Se pueden convocar más proyectos para realizarse a bordo si se divide el crucero en 2 o 3 partes, una vez la unidad arribe a territorio antártico, haciendo relevos de investigadores en bahía Fildes o Punta Arenas, según se considere.
- Para aprovechar más las capacidades con que cuenta la unidad se puede ser más ambicioso con los proyectos relacionados con el levantamiento hidrográfico, incluyendo áreas más extensas, no levantadas anteriormente y utilizando los sensores para medir corrientes y perfil de subsuelo marino.
- Con el fin de consolidar más la información sobre la propuesta del terreno para la instalación de una posible base de Colombia en territorio antártico, con las capacidades disponibles de la Dimar se pueden ampliar los estudios del área propuesta en materia de evaluación de perfiles de terreno, zonas de fondeo, embarcaderos para naves menores, posibles ayudas a la navegación requerida, condiciones atmosféricas reinantes.
- Se solicita evaluar la posibilidad de priorizar la plataforma de investigación para llevar a bordo los proyectos que necesiten de sus equipos especiales sobre los proyectos que se desarrollan en tierra y el transporte de los investigadores se pueda realizar vía aérea.
- Debido a las condiciones variantes de la zona austral, y especialmente en territorio antártico, se recomienda evaluar embarcar en cada crucero a un meteorólogo con la capacidad de analizar los fenómenos atmosféricos que se presentan y pueden alterar la recolección de información de los investigadores, poniendo en riesgo la seguridad de la embarcación.
- Con el propósito de realizar levantamientos hidrográficos en áreas someras, se solicita se evalúe la posibilidad de adquirir una embarcación adecuada con cabina climatizada que garantice la integridad de los investigadores en exposiciones de varias horas.
- Evaluar la posibilidad de recolectar datos oceanográficos, hidrográficos y meteorológicos en la siguiente campaña en áreas del Círculo Polar Antártico, con el fin de comparar la data que ya se posee en Gerlache y Bransfield, determinando su influencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, H., Gutiérrez, S., & Andrade C., H. (2013). *Estado del medio ambiente marino y costero del Pacífico Sudeste*. Comisión Permanente del Pacífico Sur, Viña del Mar, Chile.
- Boltovskoy, D. (1981). El Atlántico Suroccidental. *En: Atlas del zooplancton del Atlántico Suroccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino* (págs. 219-254). Mar del Plata: Publicación especial INIDEP.
- Fogt, R.L. & Bromwich, R. L. (2006). *Decadal Variability of the ENSO Teleconnection to the High-Latitude South Pacific Governed by Coupling with the Southern Annual Mode*. *Journal of Climate* 19(6) <https://doi.org/10.1175/JCLI3671.1>
- Carter, E. T. (1999). *Responses of Lotus corniculatus to environmental change*.
- Etnoyer, P., Cairns, S., Sanchez, J., Reed, J., Lopez, J., Schroeder, W., . . . Bruckner, A. (2006). Deep-sea coral collection protocols - A Synthesis of Field Experience from Deep-Sea Coral Researchers, Designed to Build our National Capacity to Document Deep-sea Coral Diversity NOAA technical memorandum NMFS-OPR-28, 53. Silver Springs, MD.
- Farman, J., Gardiner, B., & Shanklin, J. (1985). Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClOx/NOx interaction. *Nature*, 315(16), 207-210. <https://doi.org/10.1038/315207a0>
- Fogt, R. & (2006). *Decadal Variability of the ENSO Teleconnection to the High-Latitude South Pacific*. <https://doi.org/10.1175/JCLI3671.1>
- Garibotti, V. M. (2003). *Com-position and biomass of phytoplankton assemblages incoastal Antarctic waters: a comparison of chemotaxonomic and microscopic analyses*. <https://doi.org/10.3354/meps247027>
- Geiser, D. J. (2004). *A DNA sequence database for identifying Fusarium*. *Eur J Plant Pathol*. <https://doi.org/10.1023/B:EJPP.0000032386.75915.a0>
- Gordon, A., Mensch, M., Dong, Z., Smethie, W., & Bettencourt, J. (2000). Deep and bottom water of the Bransfield Strait eastern and central basins . *Journal of Geophysical Research*, 11,337 - 11,346. <https://doi.org/10.1029/2000JC900030>
- Gordon, H. a. (1983). *Remote Assessment of Ocean Color for Interpretation of Satellite*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4684-6280-7>
- Gordon, H. O. (1988). *A semi-analytic model of ocean color*. <https://doi.org/10.1029/JD093iD09p10909>
- Gutiérrez, G. (2018). Informe de crucero IV Expedición Científica de Colombia la Antártica "Almirante Tono".
- Huneke, W., Huhn, O., & Schröder, M. (2016). Water masses in the Bransfield Strait and adjacent seas - austral summer 2013. *Polar Biology*, 789-798. <https://doi.org/10.1007/s00300-016-1936-8>
- Ley 67 de 1988, Por medio de la cual se aprueba el Tratado Antártico, suscrito en Washington el 1 de diciembre de 1959. Diario oficial. año CXXV. N. 38624. 22, Diciembre, 1988. Pág. 1

- Lonin, S. (2015). Un modelo hidrodinámico del estrecho de Gerlache (Antártida) para el verano del hemisferio sur. *Bol. Cient. CIOH* (33): 145-167. <https://doi.org/10.26640/22159045.283>
- Marshall, G. J. (2003). *Trends in the Southern Annular Mode from observations and reanalyses*. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2003\)016<4134:TITSAM>2.0.CO; número arábigo](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2003)016<4134:TITSAM>2.0.CO; número arábigo)
- Messinger, S. B. (2006). *Evidence for Involvement of Photosynthetic Processes in the Stomatal Response to CO₂*. <https://doi.org/10.1104/pp.105.073676> PMID:16407445 PMCID:PMC1361342
- Molares, R. (2015). *Primera Expedición Científica de Colombia en la Antártida - Reporte de Crucero*. Cartagena: Dirección General Marítima.
- Molina, M., & Rowland, F. (1974). Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone. *Nature*, 249, 810-812. <https://doi.org/10.1038/249810a0>
- Patterson, C. (1965). Contaminated and natural lead environments of man. *Archives of Environmental Health: an international journal*, 11(3), 344-360. <https://doi.org/10.1080/00039896.1965.10664229> . PMID:14334042
- Rignot, E. S. (2019). *Four decades of Antarctic Ice Sheet mass balance from 1979–2017*. <https://doi.org/10.1073/pnas.1812883116> . PMID:30642972 PMCID:PMC6347714
- Robinson, I. (1983). *Satellite observations of ocean colour*, *Philo*.
- Sarmiento, J. S. (2007). *Deep ocean biogeochemistry of silicic acid and nitrate*. <https://doi.org/10.1029/2006GB002720>
- Siegert, M. A. (2019). *The Antarctic Peninsula Under a 1.5C Global Warming Scenario*. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00102>
- Smith, W., & Sadwell, D. (1997). Global sea floor topography from satellite altimetry and ship depth soundings. *Science*, 277, 1956 - 1962. <https://doi.org/10.1126/science.277.5334.1956>
- Stammerjohn, S. D. (2008). Trends in Antarctic annual sea ice retreat and advance and their relation to El Niño-Southern Oscillation and Southern Annular Mode variability. *National Aeronautics and Space Administration*. <https://doi.org/10.1029/2007JC004269>
- Torres, R. M.-S. (2017). *Informe Final Crucero Expedición de Colombia a la Antártida 2016-2017*. Cartagena: Dirección General Marítima.



www.dimar.mil.co



@DimarColombia

Ministerio de Defensa Nacional
Dirección General Marítima

Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Sede Central (+57) 601 328 6800 en Bogotá D.C.

Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
dimar@dimar.mil.co